



**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU***  
**MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE**  
**CIÊNCIAS EXATAS**

**ASTRONOMIA E O ENSINO DE FÍSICA E DE**  
**MATEMÁTICA NO ENSINO MÉDIO EM UMA**  
**ESCOLA PÚBLICA DE PETROLINA-PE**

Lajeado, dezembro de 2016

Pedro Macário de Moura

**ASTRONOMIA E O ENSINO DE FÍSICA E DE MATEMÁTICA NO  
ENSINO MÉDIO EM UMA ESCOLA PÚBLICA DE PETROLINA-PE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Exatas, do Centro Universitário UNIVATES, como parte da exigência para a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências Exatas, na linha de pesquisa Epistemologia da Prática Pedagógica no Ensino de Ciências e Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Rogério José Schuck

Coorientadora: Profa. Dra. Andreia Aparecida  
Guimarães Strohschoen

Lajeado, dezembro de 2016

Pedro Macário de Moura

## **ASTRONOMIA E O ENSINO DE FÍSICA E DE MATEMÁTICA NO ENSINO MÉDIO EM UMA ESCOLA PÚBLICA DE PETROLINA-PE**

A Banca examinadora abaixo aprova a Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado em Ensino de Ciências Exatas, do Centro Universitário UNIVATES, como parte da exigência para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências Exatas, na linha de pesquisa Epistemologia da prática pedagógica:

Prof. Dr. Rogério José Schuck – orientador:  
Centro Universitário UNIVATES

Profa. Dra. Andreia Aparecida Guimarães  
Strohschoen – Coorientadora:  
Centro Universitário UNIVATES

Prof. Dr. Italo Gabriel Neide  
Centro Universitário UNIVATES

Profa. Dra. Márcia Jussara Hepp Rehfeldt  
Centro Universitário UNIVATES

Prof. Dr. Paulo Rudi Schneider  
Universidade Regional do Noroeste do Estado  
do Rio Grande do Sul UNIJUI

Lajeado, dezembro de 2016

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca do Centro Universitário UNIVATES, com os dados fornecidos pelo autor:

Moura, Pedro Macário.

Astronomia e o Ensino de Física e Matemática no Ensino Médio em uma Escola Pública de Petrolina-PE/ Pedro Macário de Moura. – Lajeado-Rio Grande do Sul: Ed. UNIVATES, 2016.

121 f.: il.

Orientador: Rogério José Schuck

Dissertação (mestrado profissional) - Centro Universitário UNIVATES. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas Matemática, 2016.

1. Ensino de Astronomia. 2. Gravitação Universal. 3. Instrumentos Astronômicos.

I. Moura, Pedro Macário, orient. II. Título.

*Dedico este trabalho a meus pais, Dalvina Macário dos Santos (In memória) e José Gomes de Moura, uma vez que a EDUCAÇÃO que me deram foi crucial para percorrer o vetor do conhecimento do qual derivou este trabalho; à minha companheira Juliana e aos meus filhos René e Ravi deputação maior que o Senhor Yahweh concedeu.*

## AGRADECIMENTOS

*Aclamai a Deus, toda a terra,  
Cantai a glória de seu nome,  
rendei-lhe glorioso louvor.  
Dizei a Deus: "Vossas obras são estupendas!  
Tal é o vosso poder que os próprios inimigos  
vos glorificam.  
Salmo 66*

Primeiramente, agradeço ao Senhor Yahweh, por ter criado o cosmo com a frase “Faça-se Luz” – Big Bang – e me dado sapiência, ao qual oportunizou este mestrado; por ter me dado capacidade nesta caminhada tão complexa. A sua luz sempre estive à frente desta jornada, que, até então, era desconhecida, mas que agora se tornou tão doce quanto o mel.

Aos meus pais que, mesmo sem ter tido oportunidade de estudar, tinham consciência da beleza e da importância do conhecimento científico para a humanidade, guiaram-me nas veredas desconhecidas até então, para que concretizasse um sonho sonhado há décadas pelos meus pais. Sei, também, que estou concretizando apenas mais um tijolo na edificação do saber, pois este tem uma derivada positiva e as matrizes que a compõem são sempre adjuntas.

Aos meus ancestrais, Josefa Inêz dos Santos; João Macário dos Santos; Rita Clara da Silva; Macário Gomes de Moura, pois, os pequenos momentos de convivência com os mesmos, servil de inspiração, para superar as dificuldades e os desafios ao longo da minha vida. Às minhas queridas tias e tios, a meus irmãos e irmãs, sobrinhos, sobrinhas, cunhados, cunhadas, a minha eterna gratidão por tudo que cada um, à sua maneira, contribuiu.

À minha companheira Juliana, que me incentivou e me deu suporte nos intervalos descontínuos e compartilhou a minha felicidade a cada degrau escalonado no decorrer deste estudo. Da mesma forma, a meus filhos René e Ravi, que contribuíram de forma indireta, pois, com sua chegada, me incentivaram a prosseguir com mais força e coragem!

Ao dileto orientador, Professor Doutor Rogério José Schuck, pela paciência e orientação durante esse período de estudos, que teve descontinuidades, mas sua orientação possibilitou a remoção dos empecilhos, tornando o processo dinâmico e contínuo.

À minha prezada coorientadora, professora Doutora Andreia Aparecida Guimarães Strohschoen, pelas extraordinárias colaborações para que o texto fosse construído e pela paciência ao longo do processo de construção do conhecimento aqui produzido. Foi um privilégio tê-los como orientadores.

A todos os professores e professoras do Mestrado em Ensino de Ciências Exatas, que fizeram e fazem parte dessa interação na minha vida pessoal, acadêmica e profissional, consequência de bravo estudo e esforço, contribuindo efetivamente para que pudesse compreender um pouco mais o processo da dinâmica educacional e que oportunizaram mais saberes que, em breve, se tornarão conhecimento na minha prática de docente que executa uma derivada não nula. Ao EREMONS e à UNIVASF, por terem contribuído com o Projeto.

Aos amigos e amigas de trabalho, de modo especial, ao camarada Neilton Oliveira Silva, pela força e apoio nessa trajetória. Às pessoas que conheci em Lajeado, as quais passo a chamar de família na pessoa da senhora Rosely Jacobs. Às turmas seis, sete e oito do mestrado, das quais tive a oportunidade de fazer parte. Ao realizarmos os trabalhos das disciplinas em grupos, tive oportunidade de trabalhar com a diversidade de pensamento e de cultura. Essa interação foi fundamental para o desenvolvimento e a conclusão da Dissertação.

Ao Marcos Ribeiro, camarada não só de jornada do Sertão do São Francisco para o Vale do Taquari, mas, também, nos trabalhos de equipe e nas apresentações. A todos os colegas com quem convivi no PPGECE, gratidão por todo o aprendizado, discussões e alegrias, nos momentos de convivência em Lajeado. A vitória desta conquista dedico a todos que fizeram parte desta cossenoide, desde o Ensino Fundamental até o Mestrado. Enfim, a todos que, direta e indiretamente, contribuíram para que esse trabalho se concretizasse.

*Meu amigo Capiba ficava danado quando o pessoal dizia que o cachorro gosta de osso. Ele dizia que só dão osso para o cachorro. O cachorro é doido por comida. Bote um filé e bote um osso e veja o que o cachorro escolhe. O que me está deixando indignado é que não estão dando direito ao povo brasileiro, principalmente, aos jovens, o direito de entrar em contato com o filé. Só dão osso a eles.*

*Suassuna.*



## RESUMO

A fim de investigar e colaborar com o ensino e a aprendizagem de Astronomia, de educandos de uma Escola Pública Estadual de Petrolina/PE, foi desenvolvido um Projeto de Intervenção Pedagógica, utilizando os conteúdos de Física – Gravitação Universal e de Matemática – Elipses, aos olhos da História da Astronomia. Os participantes da pesquisa foram alunos do 1º e do 3º ano do Ensino Médio. Os estudantes construíram os seguintes instrumentos: relógio de Sol, Astrolábio, Elipse de Kepler e a deformação do espaço-tempo de Einstein, sob a orientação desse autor. Essa prática ocorreu em cinco encontros. No último, os alunos responderam a um questionário aberto, com 10 questões, elaboradas pelo pesquisador, adaptadas dos livros didáticos adotados pela escola, sob a orientação dos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCNS. A análise dos resultados foi embasada em pesquisa qualitativa, utilizando a análise textual por meio de um estudo de campo, do qual emergiram, a posteriori, três categorias: Contribuição docente para a aprendizagem do aluno; Aprendizagem de astronomia com uso de instrumentos astronômicos; Aprendizagem de conteúdos de astronomia. Os resultados revelam que os alunos têm preferência por abordagens como a realizada pelo autor, a qual corroborou para uma melhor compreensão dos conceitos de Gravitação Universal e de Elipses, facilitando assim a aprendizagem dos educandos, em relação aos fenômenos astronômicos. Conforme as respostas dos alunos no questionário, a prática desenvolvida apresentou uma maneira nova e mais eficaz de compreender os conteúdos de Física e de Matemática, melhorando a compreensão para a construção do conhecimento por parte dos educandos.

**Palavras-chave:** Ensino de Astronomia. Gravitação Universal. Instrumentos Astronômicos.

## RESUMEN

Con el fin de investigar y colaborar con la enseñanza y aprendizaje de la astronomía a los alumnos de una escuela pública de Petrolina, PE, se ha desarrollado un proyecto de intervención pedagógica, con el contenido del Universal de gravitación y física matemáticas-elipses a los ojos de la historia de la astronomía. Participantes en la investigación fueron estudiantes de 1° y 3° año de secundaria. Los estudiantes construyeron los siguientes instrumentos: reloj de sol, astrolabio, elipse de Kepler y la deformación del espacio-tiempo de Einstein, bajo la dirección del autor. Esta práctica llevó a cabo en cinco encuentros, los últimos estudiantes respondieron un cuestionario abierto que contiene 10 preguntas elaborados por los libros del investigador adaptado utilizados en la escuela, utilizando la metodología del plan de estudios nacional parámetros PCNS. El análisis de los resultados llevó a cabo a través de la investigación cualitativa, usando el análisis textual por medio de un estudio de campo. A que surgió a posteriori tres categorías: contribución de la enseñanza al aprendizaje; Astronomía de aprendizaje con el uso de instrumentos astronómicos y el aprendizaje de contenidos de Astronomía. Los resultados muestran que los estudiantes tienen preferencia por enfoques como el autor, porque corrobora a diseñar mejor los conceptos de gravitación Universal y elipses, a facilitar el aprendizaje de los estudiantes ante los fenómenos astronómicos. Una vez, los estudiantes en sus respuestas en el cuestionario de la práctica desarrollada, presenten forma nueva y más eficaz, para comprender los contenidos de física y matemáticas, mejorar la comprensión para la construcción del conocimiento por parte de los alumnos.

**Palabras claves:** Enseñanza de la astronomía. Gravitación universal. Instrumentos astronómicos.

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

### **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Mapa do Brasil destacando o mapa de Pernambuco.....	70
Figura 2 – Mapa de Pernambuco com destaque ao mapa de Petrolina.....	71
Figura 3 – Modelo do movimento de Marte e Terra – Regressão aparente de Marte.....	89
Figura 4 – Ilustração para explicar a Segunda Lei de Kepler.....	90
Figura 5 – Deformação real do espaço-tempo.....	91
Figura 6 – A luz sendo desviada por causa da deformação do espaço-tempo.....	92
Figura 7 – Visão aparente de uma Estrela.....	105
Figura 8 – Representando a relação da área com a velocidade no periélio e o afélio.....	108

### **LISTA DE FOTOS**

Foto 1 – Aluna fazendo a primeira marcação.....	75
Foto 2 – Após a segunda marcação.....	75
Foto 3 – Alunos construindo o astrolábio.....	85
Foto 2 – Alunos observando a altura de um poste da escola.....	85

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>23</b>
2.1 Breve Histórico da Evolução do Conhecimento Científico.....	23
2.2 Contexto Histórico das Origens à Idade Média.....	34
2.3 Da Renascença ao Século XXI.....	48
2.4 Conhecimento de Astronomia e o Sistema Escolar.....	57
<b>3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>65</b>
3.1 Método.....	65
3.2 Tipo de Pesquisa.....	67
3.2.1 Caracterização da Pesquisa Quanto ao Método de Abordagem.....	68
3.2.2 Caracterização da Pesquisa segundo os objetivos.....	69
3.3 Delimitação da Área de Pesquisa.....	69
3.4 Coleta de Dados.....	71
3.5. Análise dos Dados.....	72
<b>4 PROJETO DE INTERVENÇÃO.....</b>	<b>74</b>
4.1 Primeiro Encontro: Construção do Relógio de Sol e Astronomia Antiga.....	74
4.1.1 Construção do Relógio de Sol.....	74
4.1.2 Astronomia Antiga.....	78
4.2 Segundo Encontro: Contexto Histórico do Geocentrismo e Construção do Astrolábio.....	81

4.2.1 Contexto Histórico do Geocentrismo.....	81
4.2.2 Construção do Astrolábio.....	84
4.3 Terceiro Encontro: Contexto Histórico do Heliocentrismo, as leis de Kepler, a deformação do espaço-tempo de Einstein.....	87
4.3.1 Contexto Histórico do Heliocentrismo.....	87
4.3.2 As Leis de Kepler .....	89
4.3.3 Deformação do Espaço-tempo de Einstein.....	91
4.4 Quarto Encontro: Observação Astronômica.....	93
4.5 Quinto Encontro: Aplicação do Questionário.....	95
 5 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO .....	97
5.1 Primeira categoria: Contribuição docente para a aprendizagem do aluno.....	99
5.2 Segunda categoria: Aprendizagem com uso de instrumentos astronômicos.....	101
5.3 Terceira Categoria: Aprendizagem de Conteúdos de Astronomia.....	105
 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	111
 REFERÊNCIAS.....	115
 APÊNDICES.....	123
Apêndice A: Questionário.....	124
Apêndice B: Astrolábio utilizado no Projeto de Intervenção.....	126

## 1 INTRODUÇÃO

As múltiplas relações que nossa espécie estabeleceu com o céu fazem notar como cada povo viu sua conexão com o mundo e sua imersão nele. Elas refletem a diversidade de significados, crenças, anseios e valores que caracterizam cada cultura, revelando o sentido que cada uma atribuía à existência humana.

(KANTOR, 2014, p. 21).

Desde pequeno, queria saber como funcionava e se comportava o Universo: os raios, os trovões, as tempestades. Seriam castigo de Deus, como muitos acreditavam? Ou havia uma explicação racional, científica, que os humanos poderiam compreender? A ciência explicaria tais fenômenos? Para haver dia e noite, o Sol passaria por dentro da terra? Existiria um túnel, como numa montanha, para que o trem – Sol – pudesse passar? O Sol também dormia, como as crianças fazem ao escurecer? Quem era a Lua, que só aparecia de vez em quando no céu, às vezes de dia, da cor de coco e às vezes, à noite, na cor alaranjada?

As estrelas estariam pregadas na cumeeira do céu? Seriam os candeeiros de Deus, já que só acendem à noite? Quem era o “carreiro” que aparece (era visto) no céu quando não havia nuvens, eu achava aquela visão das estrelas uma maravilha, mas, ao mesmo tempo, tinha medo, pois diziam que se o “carreiro” não aparecesse na noite “de ano novo” – réveillon – aconteceriam fatos ruins no Planeta Terra, naquele ano. Quando criança, eu me perguntava o que era o “carreiro”, do que era feito, mas não obtinha resposta plausível. No entanto, hoje sei que o carreiro é nada mais do que a famosa Via Láctea, mais precisamente um de seus braços, pois nossa galáxia é um aglomerado de estrelas, cujo brilho parece um caminho de leite.

Filho de Dalvina Macário dos Santos e de José Gomes de Moura, camponeses descendentes de portugueses, escravos, holandeses e italianos – Pernambucanos Brasileiros –, sou o nono de dez filhos, sendo o primeiro a ter a oportunidade de concluir um Curso Superior. Meus antepassados fixaram-se no coração do Agreste Pernambucano, no final do século XIX, no sítio Chico – Povoado Cabo do Campo – Tupanatinga/PE. Lembro-me quando iniciei meus estudos na alfabetização. O Estado brasileiro não oferecia condições para que os filhos dos agricultores tivessem sucesso em sua trajetória escolar; a grande maioria dos alunos oriundos do campo concluía apenas a quarta série primária.

Recordo que minha avó materna dizia que só conhecia um “a” porque lhe diziam que era *“igual a xícara que ela tomava chá: tinha a “perninha” e o “o” era redondo igual a um ovo de galinha”*. Um dos motivos que me levaram à escola foi esse, além da proposta da minha mãe que dizia: *“Pedro, se você não for para a Escola, vai para a roça limpar o feijão, o milho e cuidar dos animais”*, a criação e a plantação do pequeno sítio. Em síntese, o trabalho incluía todas as tarefas necessárias ao homem do campo.

Sendo assim, por ser melhor, preferi ir à escola a assumir as tarefas do sítio. Era grande minha satisfação em estar na escola, por causa do acesso às novas informações e dos conhecimentos adquiridos a cada dia. Muitas vezes, meus pais não sabiam me orientar nas lições que a professora pedia para fazer em casa, pois eles não tiveram a oportunidade de frequentar a escola. Não tiveram acesso a um direito elementar, pois, de acordo com Brasil (1934), a educação é um direito de todos e dever do Estado e da família, promovida e incentivada em conjunto com a sociedade civil, objetivando a formação social e profissional dos indivíduos. Mesmo tendo o direito assegurado na Constituição de 1934, a maioria dos brasileiros não tinha acesso a esse direito constitucional, a exemplo de meus antepassados.

Iniciei meus estudos científicos na cidade de Tupanatinga/PE, mais precisamente, no Sítio Marin, localizado no Povoado Cabo do Campo. A escola era na casa do pai da professora. Só existia uma sala para duas turmas distintas (o local onde aconteciam as aulas era a sala da casa), uma de alfabetização e a outra da primeira série. As aulas aconteciam num ambiente que chamamos de multisseriado. Mesmo assim, era uma maravilha conhecer as letras e os números. Depois de concluir a alfabetização no Sítio Marin, fui estudar até concluir a quarta série no Povoado Cabo do Campo, na Escola Municipal José de Albuquerque Maranhão, que oferecia o ensino primário até a quarta série, em duas salas de aula.

Aprendíamos apenas a ler, a escrever e a conhecer as quatro operações matemáticas – não nos era permitido conhecer além disso. Formação completa era privilégio dos filhos dos abonados. Os filhos dos trabalhadores ficavam à mercê da sorte, enquanto o Estado Brasileiro era muito omissivo em relação ao seu dever. Por isso, com doze anos, mudei-me para a cidade de Petrolina/PE, em busca de uma condição de vida melhor. Normalmente, os nordestinos migravam para São Paulo e Rio de Janeiro; porém, eu fiz um caminho bem diferente: saí do Agreste e fui morar no Sertão, uma região de sequeiro, ou seja, mais seco que o agreste; porém, Petrolina fica às margens do Médio São Francisco.

Ao chegar à nova cidade, matriculei-me na Escola Dom Idílio José Soares para concluir a quinta série. No ano seguinte, matriculei-me na Escola de Petrolina (conhecida como estadual, a melhor escola pública da cidade), mas não pude concluir os estudos; cursei apenas a sexta série nesta escola, pois foi impossível conciliar estudo e trabalho. Então, por força da necessidade, optei por trabalhar. Fiquei quatro anos fora da escola, mas sempre com a esperança de que um dia poderia voltar a estudar para concluir pelo menos o Ensino Médio.

Porém, após esse período, refiz a leitura da situação e, com um espírito diferente do que tivera há quatro anos, pude perceber a importância do conhecimento científico na vida do Homem. Assim, no ano de 2001, retomei os estudos, matriculando-me no Centro de Estudos de Jovens e Adultos – CEJA – João Barracão/PE. Naquela época, a escola ofertava o Ensino Fundamental II na modalidade presencial, ou o estudo em cabine, formato de estudo em que os alunos retiravam módulos na escola, levavam para estudar em casa e agendavam com o professor da disciplina a data da prova. O aluno cursava duas séries num ano. Como havia essa flexibilidade, optei por cursar o Ensino Fundamental no modo de cabine. Já o Ensino Médio, cursei na modalidade presencial, que concluí em 2003, após dois anos de estudo. Vale salientar que o Estado Brasileiro, nessa época, deu início à ampliação de vagas na educação pública, destinadas, principalmente, aos jovens com o meu perfil.

Após concluir o Ensino Médio, em 2003, já tinha decidido que passaria o resto da vida aprendendo e ensinando Matemática, ou seja, seria Professor de Matemática, pois sentia que essa ciência responderia muitas perguntas daquele menino que sonhava em conhecer as coisas do Universo, sem mencionar que achava belos seus teoremas e operações. Ingressei na Universidade de Pernambuco, Campus Petrolina, em 2006. Concluí o curso de Licenciatura em Matemática no ano de 2009.



Desde então, venho trabalhando na Educação Básica e Superior. Percebi que os conceitos e conteúdos apresentados na graduação eram, na verdade, apenas o início de uma longa jornada, com muitas veredas a serem percorridas. Já no primeiro ano de trabalho, percebi que precisava aperfeiçoar meus conhecimentos, bem como, a metodologia de trabalho. O modelo educacional brasileiro deve ser repensado, no sentido de que os conteúdos e métodos ajudem os educandos a construir seus conhecimentos por meio da experimentação e da construção de significados do seu meio social.

Com esse entendimento, senti necessidade de ingressar numa pós-graduação, justamente porque nesse novo curso teria oportunidade de investigar uma das vertentes que me foi apresentada na graduação. Ao verificar as linhas de pesquisa e as ementas das disciplinas do mestrado em Ensino de Ciências Exatas, ofertado pela Unidade Integrada Vale do Taquari de Ensino Superior – UNIVATES, concluí que este mestrado contribuiria com a forma de trabalhar os conteúdos, contemplando o todo do processo de ensino e de aprendizagem, como também, responderia muitos questionamentos pendentes desde a graduação. Sendo assim, ingressei no curso em 2014, com a perspectiva de que contribuiria com a minha prática docente. Ao concluir, percebo que as contribuições foram imensuráveis.

Percebo agora uma grande mudança na minha prática pedagógica e, certamente, avança cada vez mais nesse sentido, seguindo uma educação transformadora não somente em relação a conteúdos, mas, principalmente, no que se refere ao aluno como um ser ativo dos processos de ensino e de aprendizagem. Segundo Demo (2015), o professor é apenas o sujeito responsável por indicar o vetor diretor que o educando precisa seguir para construir seu aprendizado. O aluno deve ser visto como um ser que traz para a escola conhecimentos adquiridos por meio da interação com o meio em que ele vive, ou seja, sua cultura, religião e interação com a natureza. E esses conhecimentos podem ser transformados em científicos, por meio da experimentação e por provocações que o professor pode fazer.

Nesse sentido, Camino e Terminiello (2014) afirmam que, por meio da disciplina de Astronomia, podemos nos comunicar com as pessoas com base na experiência vivenciada em comum, ao observarmos o céu. Dessa forma, podemos aprender em vários lugares, não necessariamente precisamos estar na escola. Os primeiros “cientistas”, na verdade, eram sacerdotes que, em rituais religiosos, acreditavam receber os conhecimentos dos deuses. Valendo-se da alquimia, faziam poções “mágicas” e previsões de acontecimentos celestes.

Essa prática se estendeu dos nômades ao século IV a.C., quando, na Grécia antiga, o comerciante de azeite e sal, Tales de Mileto, começou a separar a Ciência<sup>1</sup> da Religião e passou a explicar alguns fenômenos naturais, pois, segundo Pinto Junior e Osmar (2008), a maioria dos relâmpagos ocorre por associação com *nuvens cúmulos-nimbos*, e não por castigo dos deuses, como os sacerdotes mesopotâmicos, egípcios, gregos e romanos acreditavam.

Portanto, os cientistas, ao refletirem a respeito dos fenômenos que ocorriam com frequência na natureza, começaram a perceber que existiam explicações científicas que justificavam tais acontecimentos. Explicações bem diferentes daquelas justificativas dadas pela religião para o mesmo fenômeno. De acordo com Gaspar (2010), aos poucos, os cientistas começaram a separar a Ciência da Religião, visto que as duas tinham diferentes maneiras de versar sobre e inferir os fenômenos que ocorriam na natureza e no universo.

O estudo de Astronomia tem grande relevância, principalmente, no processo da divisão da Ciência em ciências autônomas. Para Gaspar (2010), a Ciência foi se dividindo – e continua a dividir-se – em áreas cada vez mais específicas do conhecimento, à medida que o homem faz novas descobertas. Por exemplo, a Física se tornou independente da Ciência a partir do século XVII. Os pioneiros dessa separação foram Tales de Mileto, Nicolau Copérnico, William Gilbert e Galileu Galilei (PIRES, 2011).

Como a arte de observar a natureza foi e é peremptória ao ser humano desde que ele se entende como ser racional, para Longhini (2010), a Astronomia, no seu conjunto, é o resultado de uma construção coletiva impressionante que atravessou continentes e gerações. Sendo assim, a Astronomia precisa ser vista como uma possibilidade para o ensino de ciências, partindo do todo, para uma parte específica, ou vice-versa. Ela foi a responsável pelo desenvolvimento do conhecimento humano, pois levou o homem a entender-se como um ser observador do firmamento, que lhe impôs o desenvolvimento de uma prática de vida.

Nesse sentido, com o passar dos milênios, foi necessário que o homem desenvolvesse uma maneira de preservar e de dar continuidade a esse conhecimento. Sendo assim, ele criou o espaço escolar, ou seja, a Escola – lugar responsável por manter e aperfeiçoar a tradição da observação da natureza.

---

1. Considero como Ciência o conjunto de saberes, independentes do saber religioso!

Esse espaço foi evoluindo e se tornou uma fenda para os homens que podem frequentá-lo. Segundo Quixadá (2000), na antiguidade, quando se instituiu a escola, que em grego significa “o lugar do ócio”, ela tinha como missão oferecer uma educação diferente daquela destinada à maioria do povo, que dispunha tão somente de uma educação geral que era oferecida no próprio local de trabalho. Com a evolução do pensamento humano, esse “ócio” tornou-se indispensável a qualquer nação que pretende ser evoluída, seja na forma de entender a Natureza, seja na maneira de construir a sociedade, fundamentada nos pilares da ética, da razão e da tecnologia, a exemplo do desenvolvimento de sistemas computadorizados.

Para esta evolução acontecer, as aulas das disciplinas de Matemática e de Física precisam a presença mais forte da História da Astronomia nos conteúdos trabalhados na escola. Nesse sentido, (BRASIL, 1998) destaca a importância das ideias de Copérnico e de Galileu ao perceberem que a Terra era um astro dinâmico no Universo. Ainda, a esse respeito, Brasil (1998) destaca que, para responder à questão “Como é e como funciona o Universo”, ao longo da História, o ser humano construiu vários modelos até concluírem que o modelo heliocêntrico, recuperado dos antigos gregos por Copérnico, é o que representa melhor a organização do sistema solar, a qual Newton estendeu aos demais astros celestes.

Essa breve retrospectiva me permitiu perceber que meu problema de pesquisa para a Dissertação de Mestrado esteve comigo desde criança, nas perguntas que fazia aos adultos, a respeito dos astros celestes, mas eles não sabiam responder, pois lhes fora negada a oportunidade de estudar. No entanto, faltava escolher o tema a ser investigado no projeto da dissertação. Este foi emergindo das minhas lembranças de garoto e da minha vida acadêmica nos últimos dez anos, uma vez que, na graduação, percebi que muitos temas da Matemática e da Física podem ser abordados a partir de um mesmo referencial. Assim, meu tema de pesquisa, Astronomia e o Ensino de Física e de Matemática no Ensino Médio, em uma escola pública de Petrolina-PE sempre esteve relacionado ao Ensino de História da Astronomia.

Enfim, com essa clivagem da Ciência em ciências específicas, há poucos estudos no Brasil que apontam se essa desagregação dificulta ou facilita o aprendizado dos conteúdos de Matemática e Física por parte dos educandos. Sendo assim, estabeleci como problema de pesquisa a questão: **Quais as implicações de uma prática no ensino de Física (Gravitação Universal) e de Matemática (Elipse), utilizando os conceitos e a História da Astronomia, com duas turmas do Ensino Médio?**

Para tentar responder a essa indagação, foi desenvolvida a presente prática de intervenção pedagógica numa Escola Pública Estadual de Petrolina/PE, com o objetivo de investigar as implicações da prática, utilizando os conceitos e a História da Astronomia com os alunos do Ensino Médio, nos horários das aulas de Física e de Matemática. Ao organizar esta intervenção pedagógica, foram construídos os seguintes objetivos específicos:

- a) Desenvolver uma prática por meio de uma intervenção pedagógica com a Gravitação Universal e Elipses;
- b) Analisar contribuições da prática desenvolvida no Ensino de Física e de Matemática.

A partir de uma intervenção pedagógica, foram abordados os conceitos astronômicos e sua história desde os homens primitivos, passando pela Mesopotâmia, Egito, Grécia, Europa até os dias atuais, enfocando, principalmente, os modelos Geocêntrico e Heliocêntrico. Entre todos os modelos que o homem criou para explicar os movimentos dos astros celestes, esses dois foram confrontados e postos à prova, para comprovar qual representaria a verdadeira dinâmica dos corpos celestiais. Segundo (PIRES, 2011), após dezenove séculos, finalmente, a ciência comprovou que os planetas giram em torno de sua estrela, no nosso caso, o Planeta Terra gira em torno do Sol. Portanto, o estudo de mecânica de Newton concluiu que as leis de Kepler se aplicam a todos os corpos celestes do universo.

Por meio de aulas dialogadas utilizando slides, vídeos e questionamentos, os discentes foram instruídos a construir, sob a orientação do pesquisador, os seguintes experimentos astronômicos: Relógio de Sol – com uma vareta fincada no solo, a noventa graus. Astrolábio – com um desenho de cento e oitenta graus em papel A4, canudo e barbante, Elipse – desenho em papel – para poder observar as Leis de Kepler e a Deformação do Espaço-tempo com um pano suspenso pelos participantes, além de uma bola de futebol, uma bola de isopor e uma bola de gude, todas com diâmetros e massas diferentes.

Com o desenvolvimento desse Projeto de Intervenção Pedagógica, os agentes envolvidos tiveram a oportunidade de vivenciar as teorias mais abstratas já desenvolvidas pelo homem para explicar os fenômenos celestes, a exemplo da deformação do Espaço-tempo, elaborado por Einstein no início do século XX. Esta prática respondeu a indagação, por que o céu do Sítio Chico é tão estrelado à noite, assim como outras indagações. Contudo, surgiram outras tantas que, certamente, serão respondidas com o aprofundamento do estudo do tema, em outras investigações que virão no decorrer da vida acadêmica e profissional.

Considerando o exposto e a finalidade desta pesquisa, a presente Dissertação foi dividida em seis capítulos. Na introdução faz-se uma breve narrativa da trajetória acadêmica e profissional do pesquisador, bem como, versa-se sobre o problema que deu origem à pesquisa e sobre seus objetivos.

O segundo capítulo, o Referencial Teórico, está dividido em quatro subcapítulos: o primeiro é composto por uma breve explanação do contexto histórico do processo de evolução do conhecimento científico, desde a origem do universo, surgimento do homem primitivo, perpassando pelas principais civilizações ocidentais, sempre fazendo uma matriz adjunta entre a Astronomia e o desenvolvimento do conhecimento científico, assim como a presença dos conceitos de astronomia nos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCNs, agregados ao ensino de Matemática e de Física no Brasil.

O segundo subcapítulo é composto pelo contexto histórico da Ciência, das origens à Idade Média. Detalham-se as descobertas dos principais cientistas, como, por exemplo, a descoberta da eletricidade por Tales de Mileto. Também são apresentados os diversos modelos astronômicos que foram formulados para justificar o movimento dos corpos celestes, incluindo a destruição da Biblioteca de Alexandria pelo exército de Cirilo. Aborda, também, a Astronomia praticada pelos nativos americanos.

O terceiro subcapítulo apresenta a história, da Renascença ao Século XXI, iniciando com a publicação do livro *De Revolutionibus Orbium Coelestium* – Revolução dos Orbes Celestes, em que Copérnico colocou o Sol no centro do universo, além das contribuições de Galileu, Kepler e Newton, no desenvolvimento do sistema heliocêntrico. Também faz referência ao surgimento de novos instrumentos astronômicos, a exemplo da Luneta (Primeiro Telescópio) que Galilei confeccionou ao adaptar uma Luneta (utilizado pelas tropas militares) que Hans Lippershey (1570-1619) teria inventado, à catalogação das estrelas, por William Herschel, às contribuições de Einstein e Maxwell, para a Nova Física.

No subcapítulo quatro, estabelece-se uma relação entre o Conhecimento de Astronomia e o Sistema Escolar Brasileiro. Esta parte do trabalho faz um elo com os três subcapítulos iniciais: o sistema educacional brasileiro aos olhos de pensadores como Langhi (2004); Langhi; Nardi (2012); Longhini (2010, 2014); Snyders (1988, 1993); Morin (2003), Brasil (1997, 1998, 2000, 2002, 2006); Dewey (1959); Fromm (1963) e Gadamer (2011).

No terceiro capítulo, Procedimentos Metodológicos, descrevemos o método utilizado na pesquisa, o tipo de Pesquisa e sua caracterização, a coleta dos dados e como eles foram analisados do ponto de vista da análise qualitativa.

No quarto capítulo, descreve-se a execução do projeto de intervenção com alunos do Ensino Médio e as provocações geradas pela discussão da temática durante a realização das atividades propostas pelo projeto.

No quinto capítulo, apresentamos a análise dos resultados colhidos por meio do questionário aberto, com base na análise textual de Moraes e nos fundamentos da análise qualitativa aos olhos de Demo, entre outros.

No sexto e último capítulo, apresentam-se as considerações finais desta dissertação, levando em conta as contribuições da prática para a educação, que não estão prontas, nem acabadas, uma vez que o universo está em movimento e, conseqüentemente, o conhecimento e modificável, como veremos no decorrer do Projeto de Intervenção realizado pelo pesquisador.

Nesse sentido, ressaltamos os aspectos relevantes da prática para os educandos da Escola onde ela ocorreu, bem como, apresentamos possibilidades de uma educação mais propositiva.

Finalmente, com o intuito de nutrir a conexão com a proposta do Programa de Pós-Graduação Mestrado em Ensino de Ciências Exatas do Centro Universitário UNIVATES, a pesquisa foi estruturada de acordo com a linha à qual está vinculada, ou seja, a linha de pesquisa, Epistemologia da prática pedagógica. O estudo contemplou a História da Astronomia e suas relações com a evolução do ser humano, bem como, com as práticas pedagógicas desenvolvidas na escola e sua relação com a aprendizagem de Física e de Matemática, utilizando a informação do ponto de vista da Ciência Astronomia.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

*Quando as Plêiades filhas de Atlas se levantam no céu, começa a colheita; quando se põem, a lavra; por quarenta noites e dias elas estão escondidas; e, passando o ano, de novo aparecem pela primeira vez na época de se afiar o ferro.*

*HERÓDOTO, 2012, p.119.*

O presente capítulo faz uma breve explanação do surgimento do Universo, assim como a História da Evolução do Conhecimento Científico<sup>2</sup> e seu desmembramento do conhecimento religioso. Esta separação gerou modelos para explicar os fenômenos celestes, dando início à construção dos instrumentos astronômicos, que contribuíram para a sobrevivência do ser humano até a atualidade. Assim, nesse capítulo, são tecidas considerações sobre o contexto atual e as diversas possibilidades que a Astronomia oferece ao ensino da Matemática e Física.

### 2.1 Breve histórico da evolução do conhecimento

Inicia-se com uma breve retrospectiva da História do Universo, do surgimento do homem e de sua dependência dos fenômenos celestes, que foram cruciais para a sobrevivência e a evolução do homem, bem como, para a evolução do conhecimento, que iniciou como empírico, tendo o homem sentido a necessidade de criar o lugar do “ócio” escola, para desenvolver o conhecimento científico.

---

2. Compreenda-se que o estado da arte sobre o Ensino de Astronomia está contemplado no presente capítulo.

É mister que, para iniciar o estudo da História da Astronomia, surjam naturalmente perguntas tais como: Quando, onde e como se deu início à Astronomia? Não existe uma resposta pronta e acabada, mas encontramos bons indícios, olhando concisamente a História do Universo. Conforme Garbi (2010), há cerca de 15 bilhões de anos, o Big Bang dá origem ao Universo; há 14 bilhões de anos, nascem as primeiras galáxias; há 10 bilhões de anos, a Via Láctea, “nossa casa”; há 5 bilhões de anos, forma-se o Sistema Solar: cristais adquirem formas geométricas e corpos celestes orbitam em elipses; há 2 bilhões de anos, surgem as primeiras formas de vida; há 600 milhões de anos, já há abundância de vida no mar.

Ainda, segundo Garbi (2010), há 500 milhões de anos, a vida migra para a terra; há 300 milhões de anos, plantas cobrem o Planeta; há 250 milhões de anos, ocorre o alastramento de insetos e flores; há 200 milhões de anos, começa o reinado dos dinossauros; há 150 milhões de anos, surgem os primeiros mamíferos; há 65 milhões de anos, acontece o fim súbito dos dinossauros; há 50 milhões de anos, surgem os Ancestrais primatas; há 40 milhões de anos, ocorre a difusão dos mamíferos; há 30 milhões de anos, surgem ancestrais dos primatas superiores; abelhas e vespas constroem favos de secção hexagonal; nascem as sementes dos girassóis, acontece a reprodução das abelhas, nautilus e os arranjos das folhas das árvores agrupam-se conforme a sequência que mais tarde seria chamada de série de Fibonacci, que pode ser considerada geral de acordo com fórmula de recorrência matemática  $F_n = F_{n-1} + F_{n-2}$ ; há 6 milhões de anos, Hominídeos adotam o caminhar bípede e liberam as mãos; e, há 3,5 milhões de anos, vários tipos de Australopitecos surgem na África.

Ainda, de acordo com Garbi (2010), nossos primeiros ancestrais surgem por volta de 2 milhões de anos. É chamado de Homo Habilis, com capacidade de construir instrumentos tecnológicos novos. Há 1,6 milhão, surge o Homo Erectus, que domina o fogo e deixa a África há 1.400.000 anos; há 300 mil anos, surge o Homem de Neandertal; entre 250 e 200 mil anos, surge, na África, o Homo Sapiens; há 100.000, o Homo Sapiens, nossa espécie, deixa a África e começa a povoar o planeta; há 20 mil anos, o arco e a flecha entram em uso, como também lâmpadas alimentadas a óleo; agulha de coser; arte pictórica de alta qualidade em cavernas da Europa. Há 14 mil anos, inicia a domesticação de animais; o homem começa a diminuir o nomadismo e, há 11 mil anos, a agricultura começa a ser praticada na Mesopotâmia, onde hoje são os países do Irã e do Iraque. O homem, ao fincar-se na mesopotâmia, segundo Faria (1982), dá início à primeira revolução científico-tecnológica, pois os sumerianos criaram a roda, a carruagem, arados, ferramentas para o plantio e um lugar destinado ao saber “escola”.



A partir dessa nova prática, que o homem é obrigado a desenvolver para retirar seus alimentos e insumos da terra, podemos dizer que se inicia a primeira grande revolução na maneira de viver, mas, para isso, foi necessário observar as ocorrências celestiais tais como: noites, dias, chuvas, relâmpagos, que acontecem sem muitas alterações significativas desde muito antes do surgimento da própria espécie humana sobre a Terra.

A esse respeito, Pinto Junior e Osmar (2008, p. 81) comentam que “relâmpagos, provavelmente, estavam presentes durante o surgimento da vida na Terra e podem ter participado da geração das moléculas que deram origem à vida”. Portanto, os fenômenos celestiais foram indispensáveis ao surgimento da vida no planeta Terra; logo, a existência da vida depende diretamente desses fenômenos. Assim, conhecer como eles estão relacionados com a vida é fundamental para a existência do ser humano.

Para Longhini e Mora (2010, p. 87), “a Astronomia é uma das ciências mais antigas, talvez, pelo fato de seu objeto de estudo, o céu, fazer parte da vida humana desde os seus primórdios”. Durante o dia, é o Sol que domina a paisagem celeste. No alvorecer, surge avermelhamento no horizonte leste; à medida que vai se elevando no céu, torna-se amarelado e atravessa o firmamento, até se pôr, novamente avermelhado, no horizonte oeste. Com a diminuição da claridade, as primeiras estrelas e um ou outro planeta aparecem na luz crepuscular, no firmamento.

A Astronomia é, sem dúvida, a ciência que fez o homem perceber a relação dos astros com sua existência no universo. Certamente, valeu-se dos princípios defendidos por René Descartes, pois observou o firmamento antes de tirar suas conclusões (*homo erectus*, os fenômenos periódicos dia – noite – dia, Primavera – verão – outono – inverno – primavera) sobre os fenômenos naturais. Como afirma Caniato (2013, p. 13), “a alternância do dia e da noite sempre se constituíram no principal condicionamento da vida, tanto nos reinos vegetal, animal, e muito do homem”. Já que o homem foi o único ser vivo que desenvolveu a capacidade racional, esta capacidade lhe deu poderes sobre alguns acontecimentos naturais.

No entanto, nos últimos anos, têm surgido novos conceitos a respeito de como devemos apresentar esses conteúdos na sala de aula para nossos alunos. De acordo com (BRASIL, 2000, p. 16), “para o estabelecimento da hipótese hoje hegemônica, concorreram diferentes campos do conhecimento como a Geologia, a Física e a Astronomia”.

Portanto, estas disciplinas têm, pelo menos, um tópico em comum. Brasil (2000) sugere que precisamos ter um olhar diferente para a forma de trabalhar os conteúdos das disciplinas, neste caso específico, a Física e a Matemática. Em muitos casos, conforme sugere, os professores podem abordar os conteúdos das duas disciplinas de forma interligada, o que melhoraria o aprendizado dos alunos, que não veem pertinência na separação de saberes. Ou seja, eles conseguem compreender a natureza como um todo e não em partes que se completam, ou, muitas vezes, sem ter nexos com sua realidade.

Esse processo tem início na Astronomia, por meio dos trabalhos de Copérnico, Kepler e Galileu, que, de posse de dados mais precisos obtidos pelo aperfeiçoamento das técnicas, reinterpreta as observações celestes e propõem o modelo heliocêntrico, que desloca definitivamente a Terra do centro do Universo (BRASIL, 1997, p. 23).

Nesse sentido, os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCNs destacam a importância das observações no ensino de ciências, que envolve diretamente o Ensino de Astronomia. A relação das constelações (mapas celestes) com a forma geométrica ajudou o homem, por exemplo, a perceber a relação com os fenômenos sazonais e periódicos, tais como, noite e dia, as fases da lua, período de plantio e colheita, o que propiciou a elaboração de calendários baseados nos astros. Para Ronan (2001), a origem da Física e da Matemática remete à pré-história, pois o homem primitivo sentiu necessidade de observar o firmamento para caçar, plantar e colher.

Complementado essa informação, Brasil (1997, p. 79) destaca que:

Mas observar não significa apenas ver, e sim buscar ver melhor, encontrar detalhes no objeto observado, buscar aquilo que se pretende encontrar. Sem essa intenção, aquilo que já foi visto antes — caso dos ambientes do entorno, do céu, do corpo humano, das máquinas utilizadas habitualmente, etc. — será reconhecido dentro do patamar estável dos conhecimentos prévios. De certo modo, observar é olhar o “velho” com um “novo olho”.

De acordo com Langhi e Nardi (2012, p. 85), existem “alguns exemplos internacionais que mostram como alguns países alteraram o seu currículo nacional devido à atuação decisiva de associações de astronomia e ciências afins [...] justificando a importância de trabalhar este tema em ambientes escolares”. Como não existe a disciplina de Astronomia na Educação Básica Brasileira, os seus conceitos/conteúdos podem ser abordados nas disciplinas de Física, Matemática, Química, Biologia, Filosofia e Geografia, exemplos de algumas disciplinas que contemplam os seus conteúdos e conceitos. Nas referidas disciplinas, são estudados o sistema solar, as forças de atração entre os corpos, a composição química das estrelas e as formas geométricas das trajetórias dos astros no cosmo.

A esse respeito, Gaspar (2010, p. 13) sugere que “a geometria pode ser utilizada para desenvolver uma atividade interdisciplinar interessante”. Ao prepararmos nossos planos de trabalho, constata-se que, nos PCNs, “na elaboração do programa de ensino de cada uma das quatro disciplinas, está se levando em conta o fato de que elas incorporam e compartilham, de forma explícita e integrada, conteúdos de disciplinas afins, como Astronomia e Geologia” (BRASIL, 2002, p. 24). Ainda, a este respeito, (MOREIRA, 2000), o *Physical Science Study Committee* – PSSC, mesmo sem considerar pontos diferentes no que tange à aprendizagem, sem dúvida, foi o responsável pela implantação de como se ensina física no Brasil, pois ele foi muito claro em dizer como se deveria ensinar a Física, mas pouco disse sobre como os alunos aprendem esta Física.

Sendo assim, os PCNs sugerem que o professor trabalhe os conteúdos de Astronomia nas aulas de Física, pois os conteúdos desta disciplina são responsáveis pelo estudo dos fenômenos da natureza, assim como, pelo repensar do homem a respeito dos acontecimentos periódicos que seguem seu curso normal, a exemplo das marés altas e baixas e as quatro estações, outono- inverno- primavera- verão.

A física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitem perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos (BRASIL, 2002, p. 60).

Segundo Silva (2003), a Astronomia Moderna no Brasil tem início no ano de 1808, com a chegada da Família Real e sua corte. Fugindo de Portugal das tropas de Napoleão Bonaparte e escoltado pela Marinha Britânica, ao chegar ao Brasil, Dom João, Rei de Portugal, fixa moradia no Rio de Janeiro. Porém, o Brasil, na época, era apenas uma colônia da coroa portuguesa. Não existia aqui faculdade, ou qualquer tipo de serviço especializado. Para contornar essa situação, ele ordenou várias ações para a melhoria de sua estadia no Brasil. Uma dessas ações foi a construção do Observatório Nacional, cujo principal objetivo era manter a hora mundial oficial para orientar as navegações, uma vez que o império não sabia usar a Astronomia Indígena existente no País.

Entre as medidas também determinou a abertura dos portos brasileiros às nações amigas; a criação da Imprensa Régia, do Museu Real, da Biblioteca Real, da Academia Real dos Guardas-Marinhas (atual Escola Naval) e da Academia Real Militar (SILVA, 2003), órgão que ficou responsável pelo desenvolvimento do ensino de matemática superior no Brasil.

Entre 1811 e 1875, o ensino de Matemática e de Física superior permaneceu restrito à cidade do Rio de Janeiro. As escolas de engenharia eram os únicos ambientes onde se ensinava de maneira linear a Matemática e a Física superior, destinadas basicamente a atender as demandas militares até o ano de 1933. Conforme Silva (2003, p. 32), Dom João VI cria “A Academia Real Militar”, segundo trecho da Carta Régia de 4 de dezembro de 1810:

*Dom João, por graça de Deos, Principe de Portugal e dos Algarves, d'Aquem, e d'Alem Mar (...) Minha actual Corte e Cidade do Rio de Janeiro, hum curso regular das Sciencias exatas, e de Observação”. Que se estabeleça no Brazil, e na Minha actual Corte e Cidade do Rio de Janeiro, hum Curso regular das Sciencias exactas, e de Observação, assim como de todas aquellas, que são applicações das mesmas aos Estudos Militares e Práticos, que formão a Sciencia Militar em todos os seus difficeis e interessantes ramos, de maneira, que dos meus Cursos de estudos se formem habeis Officiaes de Artilharia, Engenharia [...] se estabeleça huma Academia Real Militar para hum curso completo de Sciencias Mathematicas, de Sciencias de Observação, quaes a Physica, Chymica, Mineralogia, metalurgia.*

Por outro lado, no meio acadêmico, esse marco é iniciado por Joaquim Gomes de Souza, no ano de 1848, com a defesa da Tese intitulada: *Dissertação sobre o modo de indagar novos astros sem o auxílio das observações directas*, SOUZA (2008).

Na primeira década do período republicano, foi publicado o Decreto nº 2.221, de 1896, que dava novos estatutos à Escola Politécnica. Segundo Silva (p. 38, 2003), “essa reforma nos estatutos da escola extinguiu os chamados cursos científicos – Ciências Físicas e Matemáticas” e com a extinção desses cursos o ensino da matemática superior no Brasil passou, “a partir de 1896 até 1933, a ser ministrado exclusivamente como disciplina dos cursos de engenharia. Durante esse período, cessou a formação do engenheiro-matemático no Brasil” Silva (p. 2003, p. 38). Talvez esse decreto seja um dos motivos que explica as carências no desenvolvimento da Matemática no Brasil, num período crucial para a educação.

Durante esse século, poucos cientistas desenvolveram um excelente trabalho no âmbito da Astronomia e da Matemática e Física no Brasil, como afirma Silva (2003, p. 39): “É verdade que, nesse quadro, surgiram alguns brilhantes engenheiros-matemáticos, que também se dedicaram à pesquisa científica, entre eles, Joaquim Gomes de Souza, Otto de Alencar Silva, Manuel Amoroso Costa, Theodoro Ramos e Lélío Gama são alguns deles”. Ainda, segundo Souza (2008), a tese defendida por Joaquim Gomes de Souza tem 55 páginas, sendo um trabalho original de Astronomia, que tem como fundamento básico as teorias de Laplace e as recentes descobertas astronômicas, a exemplo de Netuno, em 1846. Como podemos perceber, a Ciência – Astronomia, Física e Matemática – no Brasil neste período ficou reservada aos engenheiros.

Podemos perceber que, mesmo em se tratando do primeiro trabalho brasileiro na área de Astronomia, não diferia muito da astronomia praticada no velho continente naquela época. Contudo, o Brasil, mesmo tendo o Observatório Nacional, não consegue avanços significativos no século XIX no que tange à astronomia, já que o sistema educacional brasileiro virou sua atenção para outras faces da ciência, como afirma Silva (2003, p. 32): “A Academia Real Militar foi uma instituição de ensino de regime militar, destinando-se a formar oficiais topógrafos, geógrafos e das armas de engenharia, infantaria e cavalaria para o exército do rei”.

Naquele período, a coroa portuguesa investiu na educação brasileira com o único propósito de formar pelotões de especialistas para que oferecessem proteção à monarquia e para construir todas as estruturas necessárias à escoação da produção de grãos e demais riquezas minerais e vegetais de que as terras brasileiras dispunham. Para Damineli e Steiner (2010, p. 93), “a Astronomia Brasileira, enquanto ciência institucionalizada e produtiva, é uma atividade recente. Ela desenvolveu-se a partir da implantação da pós-graduação, no início da década de 1970”. Sendo assim, o Estudo de Astronomia ressurgiu com ênfase, com o retorno de brasileiros que foram estudar Ciências na Europa.

Mesmo assim, o Ensino de Astronomia no Brasil até o século XX não teve a devida atenção pelo sistema educacional. Apenas em 1998, o Estado Brasileiro dá início à divulgação da Astronomia, por meio da Olimpíada Brasileira de Astronomia – OBA. Porém, segundo Longhi e Nardi (2012), mesmo assim, na maioria das escolas esse conteúdo não recebe a devida atenção, ainda que, ao olharmos ao nosso redor, estejamos fazendo previsões astronômicas, seja para plantar, colher, caçar, pescar. Até mesmo para fazer uma viagem, preocupamo-nos com as condições do clima – tudo isso faz parte da Astronomia. Em todos esses casos, pressupõe-se um estudo astronômico, mas não nos damos conta da importância dessa ciência no cotidiano.

De acordo com Couper e Henbest (2009, p. 8), “a história da astronomia é muito mais do que a história da ciência. É um reflexo da nossa cultura; uma percepção dentro do desenvolvimento das ideias e ideais da humanidade”. A esse respeito, Jalles e Imazio (2004, p. 15) postula que “os eventos regulares e previsíveis do nascer e do ocaso do Sol e da Lua davam aos antigos algo seguro e ordenado, um pilar estável em que apoiar seus conhecimentos”. Este costume de observar os astros antes das atividades do dia a dia, com o passar dos tempos, o homem acabou perdendo, pois, a escola, que foi criada para aprimorar a prática da observação, infelizmente, a maioria delas não está fazendo as devidas observações astronômicas.

Desta forma, é de suma importância o ensino de Astronomia na região do Vale do São Francisco, uma vez que o Sertão Brasileiro é privilegiado em condições atmosféricas, como também não existe poluição luminosa, o que favorece a observação astronômica no Sertão. Conforme Jalles e Imazio (2004, p. 15), “ao nos afastarmos das luzes da cidade e observarmos as cintilantes luzes no firmamento, podemos vislumbrar o que as mentes curiosas de nossos ancestrais imaginavam para construir uma epopeia”. A beleza da contemplação do céu à noite passa despercebida aos nossos alunos das grandes cidades e até mesmo aos professores. Há um grande laboratório ao ar livre, mas, muitas vezes, não o utilizamos como poderíamos. Já nossos ancestrais construíram edifícios para a observação astronômica.

Nossos ancestrais ergueram monumentos que estão alinhados com o firmamento. De Stonehenge às grandes pirâmides, das construções dos indígenas norte-americanos em Chaco Canyon, no Novo México, até os misteriosos monturos da Grã-Bretanha da idade do bronze, está claro que - naqueles dias sem poluição luminosa - o céu era tão importante para a humanidade quanto os acontecimentos sobre a terra (COUPER; HENBEST, 2009, p. 8).

Dessa forma, observar o Céu do Submédio do São Francisco, à noite, com os discentes do 1º e do 3º ano do Ensino Médio de uma escola pública de Petrolina, no quarto encontro, foi fundamental para eles melhor compreenderem as constelações e perceberem as formas geométricas e as relações trabalhadas nas aulas de Geometria Analítica e Gravitação.

Ao mesmo tempo, puderam explorar as figuras observadas por Tales de Mileto ao firmar seu olhar para o céu, após voltar da viagem feita ao Egito para expandir suas vendas de iguarias, mas acabou se encantando pela geometria egípcia e a trouxe para a Grécia. As observações de Tales responderam a muitas perguntas da época. Ele fez inúmeras observações a olho nu, que revelaram que o universo era esférico, que os astros formavam figuras geométricas num dado plano e que o planeta Terra era um disco chato, que flutuava sobre as águas.

Tales pode não ter inventado a teoria geométrica, nem previsto um eclipse solar total, mas é evidente que possuía uma mente aguçada. Refletiu sobre a natureza do mundo e concluiu que a água era o constituinte básico de todas as coisas. Ele acreditava que a terra fosse um disco plano boiando na água (RONAN, 2001, p. 70).

O ensino de Astronomia precisa de uma ênfase maior no discurso e na interação da prática pedagógica. Segundo Moran (2012), efetivamente pouco se sabe a respeito de como os professores dão suporte aos procedimentos por meio dos quais os estudantes constroem seus significados nas aulas de ciências, sobre como essas interações são produzidas e sobre como os diferentes tipos de discurso podem auxiliar na aprendizagem dos estudantes.

Difícilmente, alguma pessoa discordaria da acuidade essencial do discurso dos docentes e alunos nas aulas de ciências para a elaboração de novos significados pelos estudantes. Para Moran (2012), é notório que ainda nos dias atuais, grande parte dos alunos é apenas objeto do processo de ensino. É essencial superar esse modelo em que o professor é o detentor do conhecimento e o aluno é um agente passivo que recebe o saber oferecido pelo professor. Precisamos enxergar o aluno como sujeito do processo de ensino, pois ele detém conhecimentos prévios da sua vivência, do seu meio social.

Caminhamos para a sociedade do conhecimento e este é tão complexo, frágil, instável! Nunca tivemos tanta informação disponível e, ao mesmo tempo, nunca foi tão difícil conhecer. O que selecionar? O que vale a pena entre tantas opções? O que é importante e o que é descartável? O que é um modismo passageiro e o que nos faz avançar? O que estudamos hoje será útil amanhã? O que estou aprendendo profissionalmente poderei aplicar tal como me ensinam? Num mundo que evolui tão rapidamente, o que posso aproveitar do passado? A educação é um processo em que reunimos o maior número de certezas para lidar com as incertezas (MORAN, 2012, p. 40).

Talvez outro problema seja a organização do tempo escolar. Em muitas escolas, as aulas duram, em média, cinquenta minutos, além de as turmas serem formadas por mais alunos do que o previsto pela legislação vigente. Segundo BRASIL (2011), a LDB (1996), no artigo 25, diz que, a quantidade máxima de alunos por turma seja superior à:

I – vinte e cinco, na pré-escola e nos dois anos iniciais do ensino fundamental;

II – trinta e cinco nos anos subsequentes do ensino fundamental e no ensino médio.

Essa alteração comunga com o pensamento de Demo (2007, p. 116), pois ele sugere que “deve-se aproveitar o potencial transmissivo das instrumentações eletrônicas para reduzir a necessidade de aulas. [...] Não custa nada, no processo avaliativo, usar como critério pesquisa e elaboração própria, em vez de provas”. Nesse contexto, Langhi e Nardi (2012) sugerem que, para desenvolver uma aula investigativa, precisamos instigar nossos alunos a perceberem que há conhecimento além das quatro paredes da sala de aula. Existe um campo de pesquisa muito grande do lado de fora das nossas salas de aula. Se ficarmos apenas dentro da sala, podemos restringir o potencial dos nossos alunos.

É o esquema do todo e das partes. Há uma certa diferença entre a tentativa de compreender um texto como construção literária sob o ponto de vista de sua intenção e composição, e a tentativa de empregá-lo como documento para o conhecimento de um nexos histórico mais amplo, sobre o qual ele proporcione um esclarecimento que requer um exame crítico [...]. É necessário que se recorde como a escola histórica se delimitou face a Hegel. Do mesmo modo, sua certidão de nascimento é sua repulsa à construção apriorista da história do mundo. Sua nova pretensão é que o que pode conduzir a um parecer histórico universal não é filosofia especulativa, mas unicamente a investigação histórica (GADAMER, 2011, p. 271-273).

Sendo assim, é possível fazer duas ponderações: a primeira é que, numa aula de 50 minutos, não é possível começar e concluir uma atividade de investigação mais ampla; a outra é que, com salas superlotadas, o professor fica sobrecarregado para desenvolver uma atividade investigativa. O modelo atual incentiva indiretamente o professor a lecionar seguindo o roteiro do livro didático ou até mesmo a ministrar aulas metódicas, com pouca ou nenhuma conexão com a realidade dos alunos, muito menos, com as demais áreas do conhecimento.

De acordo com Demo (2007), a escola deve propiciar um ambiente positivo, para que o aluno tenha uma participação ativa, dinâmica e coletiva no processo de aprendizagem. Por outro lado, os profissionais da geração passada, que não acompanharam a evolução da ciência, certamente lecionarão de forma tradicional em qualquer modelo de ensino, uma vez que a escola não evolui com a mesma velocidade que os alunos evoluem.

Falou-se muito que o ensino deveria se preocupar com as coisas usuais, habituais, familiares – coisas que não confundissem demasiado, em particular, as crianças mais “desfavorecidas”. Decerto, por um lado, a escola precisa acionar essa continuidade. [...] a escola, porém, deve ser também ruptura, choque, irrupção do admirável que quebra os hábitos e as rotinas (SNYDERS, 1993, p. 178-179).

O docente – como sujeito que não apenas reproduz o conhecimento, mas, também, o produz junto com seus alunos e, também, por ser um sujeito do conhecimento – pode, por meio de uma reflexão crítica, fazer do seu trabalho em sala de aula um espaço de transformação. Um docente que compartilha a ideia de que devemos repensar o modo de abordagem dos conteúdos nas aulas orienta-se por uma mudança conceitual, por uma teoria de aprendizagem. Conforme Slater (2014, p. 59), “seu trabalho é ajudar estudantes a substituir suas concepções alternativas de Astronomia por ideias cientificamente precisas”. É na ação refletida e no redimensionamento de sua prática que é possível, ao docente, ser agente de mudança na escola e na sociedade, mudança esta que precisa ser feita urgentemente.

A compreensão de que os alunos não são pessoas a serem moldadas pelo professor – mas selecionam, assimilam e processam as informações, conferindo-lhes significado e construindo conhecimentos- muda radicalmente a concepção de aprendizado. Só que nossos alunos não constroem sozinhos seus conhecimentos: isso depende da interação mantida com professores e colegas (DAVIS; GROSAUM, 2002, p. 99).

Nessa perspectiva, o trabalho do docente em sala se caracteriza pelo repensar da prática, da realidade, bem como, pela construção da identidade pessoal, ética e política. Segundo Prensky (2010, p. 187), “milhões de estudantes na China, no Japão, nas Filipinas e na Alemanha usam seus telefones para aprender inglês”. Nesse sentido, o docente precisa atribuir valor e significado as teorias, o que não consiste apenas em abordar conteúdos exigidos por lei.



A escola é, sim, um lugar por excelência para que o futuro cidadão faça uma reflexão sobre a importância da vida em sociedade, sempre no sentido de repensar modos e modelos de trabalho, tanto no meio escolar quanto na vida profissional, na sociedade na qual ele está inserido, a fim de contribuir para uma diversidade de saberes. A este respeito, Oliveira (2013, p. 63) destaca que “atualmente, no mundo tecnológico em que nossos alunos estão inseridos, as aulas de Ciências para serem mais produtivas e eficientes devem ser desafiadoras”

Estes desafios foram muito bem confrontados com as observações dos cientistas da antiguidade, pois elas guiaram-nos por toda história do desenvolvimento do ser humano até chegarmos à atualidade, não somente nas ciências exatas, mas em todas as áreas do conhecimento moderno. Lemos em Paty (2009, p. 15) que “com efeito, a história da ciência não é somente a dos homens (no sentido genérico!) que fazem a ciência, mas a das ideias, ‘exatas’ ou ‘objetivas’, dessa ciência, seja da natureza, seja das formas matemáticas”. Ainda a este respeito, Mlodinow (2015, p. 107) afirma que, desde a Grécia antiga, já especulavam que “as muitas espécies de mudanças que vivemos no mundo cotidiano podem ser compreendidas, em essência, analisando as leis dos movimentos que operam nos blocos estruturais básicos da matéria: os átomos e moléculas”.

Corroborando com esse pensamento, Longhini (2014) afirma que é importante a atuação de instituições tais como universidades, escolas, observatórios, planetários, clube de Astronomia e museus para que o ensino dessa matéria seja cada vez mais fortalecido, uma vez que ainda temos muitos desafios. Muitas vezes encontramos resistência por parte de algumas instituições em mudarem seus currículos, que são seculares na forma de trabalhar o processo de ensino. Para Bretones (2013, p. 23), “o lúdico contribui para os processos de ensino e aprendizagem” dos educandos que, por meio da realidade que lhes é inerente, recebem os conteúdos de forma mais palpável.

Portanto, durante o desenvolvimento deste projeto, os alunos, ao experimentarem os conceitos, história e instrumentos astronômicos, puderam reconhecer com melhor precisão os conteúdos de Astronomia presentes nas disciplinas de Física e de Matemática. Por meio de estudo de temas ligados à História e à Filosofia da Ciência, compreenderam melhor a relação entre a Ciência Astronomia e a evolução da humanidade e as tecnologias desenvolvidas, além de como a escola pode abordar de forma mais contundente este assunto, nas disciplinas escolares.

## 2.2 Contexto Histórico das Origens à Idade Média

Agora vamos refinar um pouco mais a História do Homem sobre o globo terrestre, percorrendo os principais acontecimentos registrados por ele. Iniciamos esta seção com a necessidade do homem de criar a agricultura, até o século XIV da era cristã.

Na ânsia de entender os fenômenos da natureza, o homem foi buscar respostas nos astros do firmamento. Para isso, precisou da "*mathematikós*" (*mathema* – ciência, conhecimento ou aprendizagem e *tikós* – prazer de aprender) como ferramenta auxiliar, suprimindo assim a necessidade de desenvolver alguns instrumentos que o auxiliassem na observação dos fenômenos, tais como, o astrolábio, o sextante, a luneta, entre outros. Com a escassez de alimentos, a natureza impôs aos homens dos últimos milênios a necessidade de observarem os astros, em especial, o Sol e a Lua e suas relações com as estações do ano e com a natureza (cerca de 30.000 a 10.000 anos a.C.). De acordo com Itokazu (2009, p. 42), “na pré-história, o domínio da agricultura dependeu da compreensão do ciclo das estações do ano, determinado pelo movimento aparente do Sol”.

Para Faria (1982), a prática da agricultura e da pecuária, a partir de 15.000 anos a.C., fez da observação dos astros e das estações do ano uma atividade fundamental em prol da sobrevivência do homem, pois ele percebeu que havia uma relação direta entre os astros e as cheias dos rios e as marés, fatos esses que interferiam diretamente na caça e na pesca. De acordo com Oliveira Filho e Saraiva (2003, p.1), “as especulações sobre a natureza do Universo devem remontar aos tempos pré-históricos; por isso, a astronomia é frequentemente considerada a mais antiga das ciências”.

Entre todas as civilizações da antiguidade, certamente as que se fixaram entre os rios Tigre e Eufrates foram as que mais contribuíram no campo da Astronomia – Matemática, Física e ciências –. De acordo com Faria (1982), sem sombra de dúvida, a invenção da linguagem escrita (escrita cuneiforme) pelos mesopotâmicos deu uma excelente ferramenta ao homem para que pudesse registrar detalhadamente suas realizações, entre as quais, as astronômicas. Já para Caniato (2011), a Astronomia é, seguramente, a ciência mais antiga. Há escritos que a datam, aproximadamente, no século IX a.C., porém, essa Astronomia é o conjunto de saberes ao qual estava disponível ao homem naquele tempo.

Segundo Ronan (2001), os sumerianos foram os que registraram os primeiros acontecimentos astronômicos, relatando os eclipses lunares e solares, bem como, o aparecimento de cometas, sempre vistos como anúncios de catástrofes enviadas por deuses, para punir a desobediência dos homens. Ainda, a respeito disso, Roque (2012, p. 35) declara que “os primeiros registros que podem ser concebidos como um tipo de escrita são provenientes da Baixa Mesopotâmia, onde, atualmente, se situa o Iraque. O surgimento da escrita e da matemática nessa região estão intimamente relacionados”.

A habilidade dos egípcios na construção de grandes edifícios e estátuas não é, por si mesma, uma ciência: havia o que, hoje, chamaríamos de princípio da mecânica. [...] para eles a astronomia era a base utilitária necessária para a marcação do tempo, pois estavam mais preocupados do que qualquer outro povo com o cálculo do tempo (RONAN, 2001, p. 22).

Conforme Ronan (2001), no Egito, a Geometria e a Aritmética permitiram a construção precisa de templos e pirâmides com aberturas laterais e superiores. Há construções tão precisas, que era possível prever as cheias do Rio Nilo, a partir do aparecimento da estrela Sirius – Constelação do Cão Maior – nas aberturas laterais e superiores de várias dessas construções. De acordo com Ponczek (2002, p. 45), “as três grandes pirâmides de Gizé parecem estar alinhadas, em determinada época do ano, com o eixo longitudinal de Orion. Vários outros templos estão alinhados com o plano de rotação aparente do Sol”. Ainda, conforme Ronan (2001), os egípcios acreditavam que os cometas eram astros que semeavam o terror. Esta crença era propagada pelo conselheiro do Faraó, responsável por interpretar o que os deuses diziam por meio das manifestações celestiais.

As fontes indicam que quando a matemática começou a ser praticada no antigo Egito, ela estava associada sobretudo a necessidades administrativas. A qualificação e o registro de bens levaram ao desenvolvimento de sistemas de medida, empregados e aperfeiçoados pelos escribas, ou seja, pelos responsáveis pela administração do Egito (ROQUE, 2012, p. 38).

No Sul da Inglaterra, existem ruínas de um antigo monumento chamado de Stonehenge, que acreditasse ser um observatório do Sol e da Lua, datado de 2800 a 1100 a.C., construído com pedras de até 25 toneladas em círculo, subdivididos em avenidas. Conforme destaca Faria (1982) em várias regiões da Europa são encontradas construções megalíticas, feitas com blocos de rochas orientados, em sua grande maioria, na direção do Sol nascente.

Nesse sentido, percebermos que os homens primitivos tinham fascínio pelo Sol, pois essas construções sugerem que foram feitas com a finalidade de observar os acontecimentos celestiais.

Esse tipo de conhecimento, indispensável na identificação do momento ideal para a preparação da terra, o plantio ou a colheita, aparece cristalizado nos monumentos de pedra de diversas culturas, de Stonehenge, na Grã-Bretanha, à pedra Intihuatana em Machu Picchu, no Peru. O tema é tratado pelo poeta grego Hesíodo (Séc. VI a.C.) na obra *Os trabalhos e os dias* (1), na qual, a exemplo do que se observa em textos da antiga Babilônia, o poeta associa cada tarefa agrícola a uma determinada posição do Sol em seu percurso anual ao longo do zodíaco (ITOKAZU, 2009, p. 42).

A partir desse observatório, era possível prever as datas em que os equinócios e solstícios aconteceriam, assim como o nascente e o poente do Sol e da Lua. A avenida principal que parte do centro do monumento aponta para o local no horizonte onde o Sol nasce no dia mais longo do verão. Segundo Ronan (2001, p. 52), “o exemplo mais conhecido desse período megalítico – assim chamado porque se utilizavam grandes blocos de pedras nas construções - é Stonehenge”.

Em diferentes regiões e culturas, cada um viu no céu aquilo que sua cultura ou crença lhe sugeria. Quando o homem começou a se fixar em regiões, que viriam a se tornar cidades, isso há menos de 10.000 anos, a observação do céu passou a ser mais contínua. [...] os ritos e práticas religiosas parecem estar associados a eventos astronômicos desde a madrugada dos tempos. Stonehenge, antigo monumento de pedra na Inglaterra, parece sugerir a associação de práticas religiosas com algum evento astronômico e parece ter sido construído mais de mil anos antes de nossa era (CANIATO, 2013, p. 16).

Segundo Cyrino (2006), a Escola Jônica teve por destaque Anaxágoras, Tales de Mileto, Anaximandro de Mileto e Anaxímenes de Mileto. Para Itokazu (2009), essa escola foi influenciada ao longo de toda sua história, pela astronomia da Babilônia. Sendo assim, podemos chamar de primeiro físico, o cientista Anaxágoras, nascido na Jônia, atualmente Turquia. Mudou-se para Atenas aos 20 anos, ingressando no alto escalão dos intelectuais. Viveu no século V a.C., quando a lógica estava iniciando: Anaxágoras buscou um espectro para o universo material em que a superstição ou a intervenção divina não tivesse nenhum papel, ou seja, tudo seria explicado pela racionalidade – verdadeiro modelo científico. Rooney (2013).

Anaxágoras postulou que qualquer matéria era composta pelos mesmos elementos fundamentais, bem como, que as propriedades existiam em pares opostos, como claro–escuro, quente–frio e doce–azedo. Ou seja, haveria no cosmo sempre o mesmo número de cada propriedade do todo. Ainda, segundo Anaxágoras, conforme Rooney (2013), um objeto natural, como um jumento, mistura as sementes, que incluem pele, sangue e osso com *nous* ou “inteligência”. Um objeto inanimado, como, por exemplo, um violão, compartilha as mesmas sementes em diferentes proporções, mas não tem *nous*. Ele também acreditava que a matéria não se originava do nada; estava em constante mudança, transformando-se em novas matérias, num ciclo infinito.

Ainda, a esse respeito, Rooney (2013, p. 28) afirma que “Anaxágoras concebeu um modelo em que a matéria não podia ser criada nem destruída, mas no qual a mutabilidade do mundo à nossa volta é explicada transformando-se a matéria ao longo do tempo”. Com esse método de encarar a natureza, sua filosofia influenciou desde Sócrates (469-399 a.C.) até mesmo o químico Lavoisier (1743-1794).

Tales de Mileto, ao aprofundar os estudos de Anaxágoras, defendeu a “teoria do princípio originário”, que se sobrepõe às elucidações mitológicas a respeito da origem do universo (CYRINO, 2006). Nele, o conhecimento profano é soberano em relação ao saber sagrado. O Universo é esférico, ocupando o Planeta Terra o hemisfério inferior da esfera, enquanto a parte seca do Planeta Terra flutua sobre as águas. As exalações nebulosas do material cristalino da abóboda celeste constituem a esfera. Vale lembrar que Tales de Mileto era um excepcional comerciante de azeite e sal, que, na época, eram alimentos de luxo.

A respeito disso, Cyrino (2006, p. 109) comenta que “ao estudar Astronomia, por exemplo, Tales pôde prever que a produção de azeitonas prometia ser abundante; por isso, monopolizou as prensas de uma região, enriquecendo-se e aplicando seus conhecimentos em suas atividades mercantis”. Numa de suas viagens de negócio para o Egito, ele conhece a geometria egípciana empregada, principalmente, na construção das pirâmides. Como bem sabemos, as pirâmides eram templos de observações astronômicas e serviam também de sepulcro dos faraós. “Segundo Proclus, Tales conhecia um teorema sobre a congruência de triângulos, que devia ser usado para calcular a distância dos barcos no mar. Contudo, é difícil estabelecer as bases factuais desta e de outras afirmações sobre Tales, atribuídas por Proclus a Eudema” (ROQUE, 2012, p. 97). Outro fato atribuído a ele é que teria medido a altura da pirâmide de Quéops, utilizando apenas uma vareta fincada no solo. O cálculo foi feito utilizando o que chamamos, hoje, de semelhança de triângulos.

Tales de Mileto tornou-se o primeiro geômetra da Grécia e foi considerado “Pai da Filosofia” por Aristóteles, sendo o primeiro dos sete sábios da idade helênica. É o fundador da Ciência Física e estudou Astronomia na Babilônia, sob o governo de Nabucodonosor. Conforme Cyrino (2006, p. 32), “tendo viajado ao Egito e à Babilônia, trouxe do primeiro a geometria e do segundo tabelas e instrumentos astronômicos. Ao voltar a Mileto, abandonou os negócios e a vida pública, entregando-se às observações da astronomia, da matemática e às especulações filosóficas”.

De acordo com Ronan (2001), na cosmologia, Tales dividiu a esfera do céu em cinco círculos: ártica, trópico de verão, equador, trópico de inverno e antártica. Foi ele o primeiro astrônomo a explicar o eclipse do Sol, ao verificar que a Lua era iluminada por esse astro. Defendeu o conceito de que a Terra era plana e limitada pela borda celeste; criou, também, o ano solar de 365 dias. Acastelou uma teoria cosmológica sobre a constituição do Universo e da Terra, segundo a qual a água era o único elemento do qual o mundo se originou e ao qual estava destinado a retornar.

Podemos também considerar que Tales foi o primeiro Físico, Rosmorduc (1983), no sentido da palavra, a observar a resina que as plantas expeliam ao serem cortadas. A esta resina chamou de âmbar, que atraía pequenas folhas e penas de aves ao ser imantado, assim dando origem ao estudo da eletricidade.

Dizem que predisse o eclipse total do Sol ocorrido a 28 de maio de 525 a.C., o que levou à cessação dos seis anos de hostilidades entre a Lídia e os medos. Supõe-se que Tales tivesse conseguido isso usando um ciclo de elipses – o *saros* –, familiar para os babilônios, do qual Tales teria tomado conhecimento em suas viagens ao Egito (RONAN, 2001, p. 69).

Ele desenvolveu essa teoria, segundo Itokazu (2009), graças ao estudo realizado sob a influência da astronomia da Babilônia e do Egito, pois os egípcios e babilônicos afirmavam que a água, o ar, o fogo e a terra eram os elementos primários da natureza. Mais tarde, em Agrigento, Empédocles acrescentou-lhes um quinto elemento, o éter, chamando-os de raízes das coisas, rizomata, que Aristóteles, mais tarde, denominou de elementos.

Certamente, o maior astrônomo da era clássica foi, segundo Cyrino (2006), Hiparco de Nicéia (180 a.C.–125 a.C.), pois foi o primeiro cientista a catalogar e classificar milhares de estrelas pelo seu brilho; também criou a tabela trigonométrica, que utilizamos até os dias atuais. Já para Garbi (2010), Hiparco deixou para a posteridade um catálogo muito bem detalhado de 850 estrelas. Como seus trabalhos exigissem medições de ângulos e distâncias sobre uma esfera, teve que desenvolver os primeiros estudos sobre a Trigonometria Esférica. Por meio deste estudo, lhe foi possível calcular as constantes astronômicas, tais como a duração do mês e do ano, o tamanho da Lua e o ângulo de inclinação da eclíptica. Complementando esta informação, Horvath (2008, p. 19) afirma que Hiparco “descobriu a precessão dos equinócios e calculou a distância à Lua entre 59 e 67 raios terrestres (o valor correto é de 60 raios), tudo isso, por volta de 150 anos antes da Era Cristã”. O trabalho de Hiparco fez a transição entre a astronomia babilônica e a obra de Ptolomeu.

Pitágoras (~572 – 497 a.C.) nasceu em Samos, uma das ilhas gregas que ficou conhecida como Jônia. De acordo com Cyrino (2006), aos 19 anos, Pitágoras fez uma viagem com o objetivo de conhecer a ciência praticada nos grandes centros universitários da época, que se localizavam no Egito e na Babilônia. Suspeita-se que ele esteve também na Índia. A esse respeito, Cyrino (2006, p. 37) destaca que Pitágoras “foi primeiro para a Babilônia, onde conviveu e aprendeu com os sábios de lá”. Durante suas peregrinações, ele estudou não só informações matemáticas e astronômicas, como, também, muitas ideias religiosas.

Ao voltar ao seu país, enraizou-se em Crotona, na Magna Grécia, sul da península Itálica, onde fundou a Escola Pitagórica. De acordo com Wagner (2015, p. 10), “na verdade uma sociedade secreta, dedicada ao estudo da Matemática e da Filosofia, principalmente [...] O Teorema de Pitágoras é um dos mais belos e importantes teoremas da Matemática de todos os tempos e ocupa uma posição especial na história do nosso conhecimento matemático”. Como essa escola era comunitária, não sabemos ao certo se a descoberta científica teria sido feita de fato por um membro da escola ou se foi uma descoberta coletiva. Nessa sociedade secreta, os números serviriam como explicação para o universo.

O princípio de tudo, para Pitágoras, era o número (em grego, arithmós), elemento básico da realidade, que explicaria a harmonia universal ou a concordância dos discordantes – seco e úmido, frio e quente, bom e mau, justo e injusto, masculino e feminino; as notas e os acordes musicais consistiriam de números, e toda a Natureza era feita à imagem dos números; a proporcionalidade permitiria um sistema ordenado de opostos no Mundo, isto é, no Cosmos; essa estrutura harmônica do Cosmos estaria presente em todas as coisas, inclusive na alma (psique). Todo o Universo seria harmonia e número, como explicou Aristóteles em *Metafísica*. A Cosmologia pitagórica não se baseava, como a jônica, nas atividades e atributos de certos elementos materiais, mas nas propriedades dos números; como o número 10 é perfeito, abrangendo em si a natureza de todos os números ( $1 + 2 + 3 + 4$ ), concluíram os pitagóricos que 10 eram os corpos que se moviam no Céu; mas como tais corpos celestes visíveis eram apenas nove, inventaram uma antiterra (ROSA, 2012, p. 123).

De acordo com Wagner (2015), no Teorema que leva seu nome, num triângulo retângulo vale a seguinte relação: o quadrado da medida da hipotenusa é igual à soma dos quadrados das medidas dos catetos, ou seja, sendo a hipotenusa  $z$  e os catetos dados por  $x$  e  $y$ , temos:  $x^2 + y^2 = z^2$ . Os babilônicos já utilizavam essa relação nas suas construções. Daí a suspeita de que Pitágoras teria conhecido essa relação na Babilônia.

Tudo indica que por volta de 19 anos, Pitágoras partiu a conhecer o mundo, o que era comum em sua época, pois pelas viagens e pelo contato com outros povos é que o indivíduo podia se desenvolver intelectualmente. [...]. Vai para o Egito, onde se dedica, provavelmente, à geometria e retorna à Grécia aos 53 anos, para fundar a escola Pitagórica (CYRINO, 2006, p. 37-38).

Os membros da Escola Pitagórica recebiam uma educação formal, composta de quatro disciplinas – Geometria, Aritmética, Astronomia e Música –, que constituíam as artes liberais e cujo conteúdo tornou-se conhecido na Idade Média como o *Quadrivum*, considerado a bagagem cultural necessária de uma pessoa bem-educada. Esse *Quadrivum* ainda exerce influência na educação contemporânea, pois os dogmas e preceitos do saber científico no ocidente têm suas raízes na filosofia grega.

Pitágoras era um músico talentoso, passou a fazer experiências com cordas de comprimentos diferentes. [...] ensina que os movimentos do Sol, da Lua e dos planetas devem basear-se na forma geométrica mais simples e pura, o círculo. [...] ele percebeu que a Terra não era plana, mas sim uma bola arredondada flutuando no espaço (COUPER; HENBEST, 2009, p. 63-64).

Aos 28 anos, Pitágoras já conhecia e dominava muitos conhecimentos matemáticos e filosóficos da época, pois, segundo Boyer (2012), Pitágoras tinha uma condição financeira que lhe possibilitou viajar para a Babilônia e para o Egito a fim de estudar, Astronomia, Matemática e Geometria. Certamente aprendeu muito sobre a ciência, que já estava bastante desenvolvida nesses países. Ainda, de acordo com (BOYER; MERZBACH, 2012, p. 46-47):

As realizações dos babilônicos no domínio da álgebra são admiráveis, mas os motivos que impulsionaram essa obra não são fáceis de entender. [...] Os que construíram a tabela evidentemente começaram com dois inteiros sexagesimais regulares, que chamaremos de  $p$  e  $q$  com  $p > q$ , e então formaram a tripla de números  $p^2 - q^2$  e  $2pq$  e  $p^2 + q^2$ . Os três inteiros assim obtidos formam uma terna pitagórica, em que o quadrado do maior é igual à soma dos quadrados dos outros dois

Por meio desses estudos astronômicos, Pitágoras afirmava que o nosso planeta era esférico, suspenso no espaço. Encontrou certa ordem no universo, observando que a Terra, o Sol, a Lua, os planetas e a antiterra giravam em torno de um fogo central, lareira do universo.

Os discípulos da escola pitagórica formavam duas classes: os Auditores ou Pitagoristas, cujo ensino se limitava à música, considerada como medicina da alma, e os Matemáticos ou pitagóricos, iniciados nas principais descobertas da escola e nos segredos dos deuses. [...] Ele e seus discípulos deram à geometria o caráter rigoroso da dedução, procurando a solução de problemas por meio da abstração e, pela inteligência pura, fizeram avanços na astronomia e na música (CYRINO, 2006, p. 38).

Outro cientista dessa época, segundo Faria (1982), foi Filolau de Crotona. Sabe-se muito pouco sobre a sua contribuição para a ciência. Teve o mérito de conceber um sistema cosmológico no qual a Terra se desloca no espaço sem representar papel privilegiado em relação aos demais corpos celestes. Segundo Faria (1982, p. 26), esse modelo ficou conhecido como “‘Sistema Pirocêntrico’, modelo de Universo em que o centro é ocupado por um ‘Fogo Central’ chamado ‘a casa de Zeus’ ou ‘a mãe dos deuses’, girando em órbitas circulares ao redor do fogo central”. Acredita-se, que Platão adquiriu um livro de Filolau com registros dos pitagóricos



Segundo Anaxágoras de Clazômenas, a natureza é constituída por um número infinito de elementos semelhantes em cuja composição reside a origem de todas as coisas. Tudo está em tudo e nada nasce do nada. Em 431 a.C., foi acusado de impiedade por negar a divindade do Sol, que afirmava ser uma pedra incandescente, e da Lua, segundo ele, um corpo celeste idêntico ao Planeta Terra. Ele gozou de grande reputação como físico, matemático, astrônomo e meteorologista. Filósofo pré-socrático, deu origem ao maior número de interpretações das mais variadas ciências. Conforme Faria (1982, p. 25), “em 431 a.C., foi acusado de ímpio, por não aceitar a divindade do Sol, que, para ele, não passava de uma pedra incandescente do tamanho da península do Peloponeso, e da Lua, que seria uma ‘Terra’”.

Eudoxo de Cnido nasceu entre 408 e 390 a.C. e morreu aos 53 anos. Segundo Ronan (2001), foi o pai do modelo que descrevia o universo por meio de esferas concêntricas. Esse modelo foi aceito, pois, olhando-se para o horizonte, tem-se a impressão de que se está dentro de uma esfera. Outro fato que contribuiu para a aceitação da sua teoria foram seus argumentos geométricos: a Terra é esférica e está no centro do universo, circundada por uma esfera externa formada por estrelas. De acordo com Boyer e Merzbach (2012), Eudoxo, ao estudar o Livro V de Euclides, pôde reformular a definição de razão da seguinte forma: Sejam  $c$  e  $C$  os círculos, com diâmetro  $d$  e  $D$  e áreas  $a$  e  $A$ . Então, a razão  $a/A = d^2/D^2$  é verdadeira. O interessante é que essa razão é válida até hoje, sendo muito utilizada na solução de problemas de Geometria.

A Astronomia grega alcançou um novo patamar científico a partir dos trabalhos de Eudoxo de Cnido, com a defesa de que não podemos medir as distâncias entre as estrelas, porque elas estão à mesma distância de nós. Desse modo, podemos considerar que elas estão situadas sobre uma esfera, cujo centro é a Terra. Em torno desse centro, existiriam 27 esferas homocêntricas em rotação.

Uma esfera para explicar o movimento diurno, uma para o movimento anual do Sol, duas para os movimentos da Lua. Para as “laçadas” e retrogradações de Júpiter e de Saturno, quatro esferas para cada um, e ainda cinco esferas para cada um dos três planetas, Mercúrio, Vênus e Marte (FARIA, 1982, p. 26).

Para explicar o movimento da Lua, segundo Caniato (2013), Eudoxo defendeu a seguinte teoria: não há variação da distância entre a Terra e a Lua, porque ela está se movendo sobre uma esfera e o mesmo ocorre com todos os astros conhecidos. Dessa maneira, as estrelas, o Sol, a Lua, Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno estão fixos a esferas sobre as quais eles se movem, enquanto a Terra permanece imóvel.

De acordo com Couper e Henbest (2009), cada planeta tem quatro esferas concêntricas: a primeira, que é responsável pelo movimento diurno, junto com as estrelas fixas, gira de leste para o oeste em 24 horas. A segunda é responsável pela variação da longitude. A terceira gira com a inclinação da eclíptica, representando o movimento aparente do planeta ao longo do zodíaco, movendo-se de oeste para leste, o que causa variações da latitude. E a quarta explica o movimento retrógrado. O movimento das duas esferas mais internas, ele descreveu por meio do algarismo 8, figura essa conhecida como hipopédia. Já o Sol e a Lua teriam somente três esferas concêntricas cada, uma vez que não mostravam o movimento retrógrado.

Para Ronan (2001), não há dúvida em relação ao trabalho astronômico e matemático de Eudoxo na época da sua própria geração e nas que se seguiram. Quando Platão propôs aos seus alunos que explicassem “o que são os movimentos uniformes e ordenados descritos pelos planetas no céu”, a resposta a esta pergunta quem deu foi justamente Eudoxo, ao dizer que o movimento dos corpos celestes podia ser descrito por meio de uma série de esferas transparentes nos céus, que transportavam os corpos celestiais a diferentes velocidades, em grupos encadeados, com centros que variavam ligeiramente. Para Ronan (2001, p.107), “suas esferas homocêntricas tornaram-se as esferas de cristal dos astrônomos ocidentais dos tempos medievais, e sua matemática deveria exercer uma profunda influência sobre os matemáticos posteriores”.

Seu entendimento era avançado para a época; por isso, ele é considerado o maior de todos os antigos astrônomos. Aos 23 anos, no ano 365 a.C., ele foi ao Egito aprender astronomia em Heliópolis, sendo o primeiro a estudar o método da exaustão, que foi a base para a descoberta do cálculo infinitesimal, dois mil anos depois, no século XVI, por Leibniz e Newton. Conforme Ronan (2001, p. 105), “Eudoxo era um jovem de futuro, mas não tinha riqueza – de início frequentou gratuitamente a Academia - e só pôde viajar com a contribuição dos amigos. Foi ao Egito e ficou por algum tempo em Heliópolis”.

Leucipo de Mileto é contemporâneo de Anaxágoras dos sofistas e de Sócrates. Criou a filosofia atômica, segundo a qual a matéria é formada de partículas pequenas, não visíveis a olho nu. Acreditava que átomos semelhantes se atraem. Aristóteles considera Leucipo o criador da teoria dos átomos, depois melhor elaborada por Demócrito. De acordo com Cyrino (2006, p. 24), “tudo surge, por um acaso, de choque entre as partículas atômicas. Nada tem sentido ou finalidade na existência do mundo, confinado no aqui e ‘agora’”, uma filosofia quântica.

Aristóteles explicou que as fases da Lua dependem do quanto a parte da face da Lua iluminada pelo Sol está voltada para a Terra. Também explicou os eclipses: um eclipse do Sol ocorre quando a Lua passa entre a Terra e o Sol; um eclipse da Lua ocorre quando a Lua entra na sombra da Terra. Ele se posicionou a favor da esfericidade da Terra, já que a sombra da Terra na Lua durante um eclipse lunar é sempre arredondada. Afirmava que o Universo é esférico e finito. Para Boyer e Merzbach (2012, p. 86), “a afirmação de Aristóteles de que os matemáticos ‘não precisam do infinito nem o usam’ deve ser comparada com as asserções de nosso tempo de que o infinito é o paraíso dos matemáticos”.

Ele hesitou em acompanhar os matemáticos platônicos nas abstrações e técnicas da época, e não deu contribuição importante ao assunto. Por ter fundado a lógica e por suas frequentes alusões a conceitos e teoremas matemáticos em sua volumosa obra, pode-se considerar que Aristóteles contribuiu para o desenvolvimento da matemática (BOYER, MERZBACH, 2012, p. 85-86).

Aristóteles acreditou que tinha resolvido o problema de certos movimentos anômalos, introduzindo 28 esferas retrógradas ao modelo de Eudoxo, que passou a conter 55 esferas. Essa defesa ele fez no livro *De Caelo*, “O Universo é finito e esférico, ou não terá centro e não pode se mover”. “O Universo, segundo Aristóteles, seria finito, esférico e limitado pela esfera dos fixos, fora da qual nada existiria, nem mesmo tempo e vácuo” (FARIA, 1982, p. 27). Ou seja, o universo seria finito, mas hoje sabemos que é infinito.

Aristarco de Samos criou o modelo heliocêntrico para o Universo, sendo o Sol o centro, enquanto os planetas e a Lua o orbitavam. Entretanto, não foi aceito, pois os argumentos cosmológicos e religiosos de Aristóteles eram muito fortes. De acordo com Boyer e Merzbach (2012, p. 123), “tendo determinado as distâncias relativas do Sol e da Lua, Aristarco sabia também que seus respectivos tamanhos estavam na mesma razão. Isso decorre do fato de terem o Sol e a Lua aproximadamente o mesmo tamanho aparente”. Também foi o primeiro a chamar o céu de cosmos. Já para Faria (1982, p. 28), “o modelo de Aristarco, muito provavelmente, não foi aceito na Antiguidade, inclusive, até Copérnico, devido a argumentos irrefutáveis na época, advindos da Física e da Cosmologia Aristotélica”.

De acordo com Caniato (2011), Eratóstenes já acreditava que a Terra era redonda, mas não dispunha de dados matemáticos para provar. No entanto, quando se tornou diretor da Biblioteca de Alexandria, atendendo ao convite do faraó Ptolomeu III, por volta do ano de 220 a.C., ao utilizar as informações disponíveis na biblioteca, acabou descobrindo um sistema adequado, graças ao qual estabeleceu que o globo terrestre teria 40000 km de circunferência.

Passados mais de 2.000 anos, os cientistas, ao conferirem os seus cálculos, tiveram uma surpresa: a nova medição, realizada com equipamentos de precisão modernos, resultou numa medida praticamente idêntica à do sábio, isto é, 40.070 km. Eratóstenes teria feito o seguinte cálculo para medir o raio da Terra: observou, certo dia, que dava para ver o fundo de um poço na cidade de Siena; já em Alexandria, situada aproximadamente a 800 km de Siena, uma vareta fincada a pino fazia um ângulo de aproximadamente 7 graus. Com esses dados, ele determinou o raio da Terra, fazendo uso da trigonometria. “Mas a mais importante de suas realizações foi, sem dúvida, a determinação das dimensões da Terra pelo conhecido método do ‘poço di Siene’, descrito por Cleômedes, por volta do ano 50 a.C., no livro ‘Do movimento circular dos corpos celestes’”

É atribuído a ele a tábua dos números primos, que ainda são contemporâneos, (FARIA, 1982), sendo utilizados na codificação de senhas, em sistemas de informática. Eratóstenes estaria inconformado com o impasse a respeito das teorias apresentadas pelos astrônomos sobre a natureza do Sistema Solar e o formato do planeta Terra. Resolveu, então, sanar o problema sem precisar ir ao centro da Terra, ou seja, valeu-se do Sol, (FARIA, 1982, p. 29). Podemos, então, afirmar que com a tecnologia que dispunha, Eratóstenes fez algo impressionante.

Ptolomeu, que viveu entre os anos de 90 a 168 da nossa era, segundo Ponczek (2002), foi astrônomo, geógrafo e matemático. Parte dos seus experimentos perdeu-se, mas os que restam são suficientes para documentar a importância de seu trabalho. A sua obra mais conhecida é o *Almagesto*, uma das mais importantes e influentes da Antiguidade Clássica. Nela está descrito todo o conhecimento astronômico sumeriano, babilônico, egípcio e grego. Constituiu a base de toda a Astronomia até a aceitação da teoria heliocêntrica, também defendida por Copérnico.

Conforme Ronan (2001, p. 129), “além desses livros e do *Almagest*, Ptolomeu escreveu um grande e valioso tratado de geografia”. De acordo com este tratado, os planetas, o Sol e a Lua giravam em torno da Terra, num modelo que descreveu como Modelo Geocêntrico, com a ajuda da trigonometria e da hipótese de Aristóteles. Faria (1982, p. 31) destaca que Ptolomeu “estudou o movimento dos planetas, partindo da hipótese Aristotélica e, para ‘salvar as aparências’, lançou mão de um complicado modelo de deferentes epiciclos, excêntricos, equantes e outros artifícios geométricos”. Esses fenômenos devem-se, na realidade, ao fato de os planetas moverem-se com velocidades diferentes, em órbitas aproximadamente circulares.

De acordo com Couper e Henbest (2009, p. 66), “atualmente, sabemos que a volta é causada pela Terra quando alcança Marte na sua própria órbita ao redor do Sol – fazendo parecer como se Marte maninhasse para trás”. Ptolomeu, porém, para procurar explicar esse fenômeno, aparentemente tão estranho, elaborou um sistema bastante complicado, embora geometricamente plausível, usando uma réplica do sistema solar e fazendo cálculos trigonométricos. Ele foi o inventor do astrolábio, ferramenta fundamental para medir a distância dos astros, usado nos descobrimentos pelos portugueses.

É importante ressaltar que “tanto o Cristianismo quanto o Islamismo tinham a ganhar com uma visão que fazia do homem o centro da Criação” (CANIATO, 2013, p. 31), o que contribuiu para que o modelo existisse por 10 séculos. Segundo Rooney (2013, p. 157), “com observações cada vez mais exatas do movimento dos planetas, ficou claro que o modelo de Ptolomeu não explicava plenamente suas trajetórias”. Sendo assim, faziam-se ajustes cada vez maiores com a finalidade de manter salvo o modelo. No entanto, após esses 1000 anos, tiveram que abandoná-lo.

A primeira mulher da era cristã a contribuir com a Ciência foi Hypatia, que era filha de Theon de Alexandria. Para Horvath (2008, p. 19), ela “desenvolveu trabalhos importantes em Astronomia e Matemática, estabelecendo as bases para a utilização do astrolábio e caracterizando as curvas das seções do cone que viriam a ser de grande importância na teoria das órbitas planetárias, 12 séculos depois”. Mas, infelizmente, sua contribuição durou pouco, pois, quando o Império Romano invadiu Alexandria por volta do século V d.C., o exército de Roma destruiu quase todas as anotações que existiam na Biblioteca e assassinaram a cientista.

A Civilização Maia, que habitou a América Central, enquanto esteve no auge, entre os anos 200 e 900 d.C., foi uma das civilizações que mais conhecia Astronomia. Segundo Ronan (2011), seus conhecimentos matemáticos, físicos e astronômicos estavam não apenas à frente de todos os outros povos vizinhos, mas também dos chineses e dos europeus. Foram os únicos, em todas as Américas indígenas, que desenvolveram um sistema avançado de escrita. No ano 325 d.C., eles já dominavam o conceito de zero, que os europeus só começaram a usar cerca de 700 anos depois, após o terem trazido dos hindus. Conforme Cyrino (2006), cinco ou seis séculos antes da era cristã, os hindus desenvolveram o zero. Os Maias eram também excelentes observadores do céu. Em várias cidades maias, como Palenque, Sayil e Chichén Itzá, os centros astronômicos ocupavam áreas centrais das cidades.

O caracol de Chichén Itzá foi construído por volta do ano 1050 d.C. Tinha 22,5 metros de altura e era dedicado ao deus da chuva, Chaac. Nele, provavelmente, faziam o cruzamento de cálculos matemáticos com a observação astronômica. Couper e Henbest (2009, p. 46) destacam que “uma estranha construção cilíndrica em Chichen Itza – chamada o Caracol – era, sem dúvida, um observatório. Do lado de dentro, um astrônomo maia podia fazer observações através de longas aberturas na parede, direcionadas para determinadas parcelas do horizonte”.

Os Maias conseguiram conhecer com precisão espantosa a duração dos ciclos lunares, solares e do planeta Vênus. De acordo com Jalles e Imazio (2004), os Maias calcularam que Vênus passava pela Terra a cada 583,935 dias; hoje sabemos que fica entre 583,920 e 583,940 dias. Também definiram que o ciclo lunar dura 29,53086 dias; atualmente, é de 29,54059. Eles registraram que o Sol completa seu ciclo em 365,2420 dias; hoje sabemos que é de 365,2422. Com base nesses conhecimentos, criaram um conjunto de calendários complexos e interligados que, juntos, formavam um dos sistemas de contagem do tempo mais preciso de sua época. Hoje sabemos que os maias estavam certos em seus cálculos. Não sabemos ainda como foi possível eles terem tal desenvoltura sem usar nenhum tipo de lente.

Assim sendo, é possível estabelecer correlações entre representações indígenas sobre agrupamentos de estrelas e as constelações convencionadas, adotadas pela identificação do céu da Astronomia de planetários contemporânea. Na cultura dos índios Ticuna, da amazônia Ocidental, a “dança das estrelas” simboliza a fertilidade das mulheres e da terra (JALLES; IMAZIO, 2004, p. 09).

Para Caniato (2013), não é possível saber como os maias chegaram a essas conclusões, porque, enquanto Galileu localizava manchas no Sol e estudava o planeta Júpiter e suas luas, os espanhóis se empenhavam em destruir a Civilização Maia, assim como toda sua ciência. Sobrou muito pouco do conhecimento que eles construíram, isto é, apenas um manuscrito que reúne praticamente tudo o que sabemos sobre os seus conhecimentos matemáticos e astronômicos. Nesse texto de 39 folhas, escritas frente e verso, encontram-se não só a descrição de rituais religiosos, mas, também, os cálculos para a previsão de eclipses e as conclusões a respeito do ciclo de Vênus, que funcionava como uma referência para a data das colheitas e para a escolha da época mais favorável para guerrear.

Apesar da documentação escassa, os estudos permitiram reconhecer o extraordinário impulso dado pelos maias aos conhecimentos matemáticos e astronômicos. Os maias conheciam os eclipses solares e o movimento dos planetas. Seus cálculos, nos quais utilizavam a noção do zero, lhes permitiram elaborar calendários complexos, usados para prever os movimentos dos astros ao longo de milhares de anos e eram mais precisos que os de qualquer outra cultura (BRAICK; MOTA, 2010, p. 17).

Inúmeros artefatos datados entre 10.000 a.C. e 1000 d.C. indicam um grande desenvolvimento da Astronomia entre os Astecas no México e Incas no Peru: a Lua, o Sol e Vênus eram cuidadosamente observados por eles. Conforme Ronan (2001), os Maias possuíam um calendário baseado em observações astronômicas: 365 dias divididos por 18 meses e 20 dias, sendo que os cinco dias restantes eram considerados dias de mau presságio. Possuíam, ainda, um calendário lunar baseado nas fases da Lua, utilizando os eclipses.

No Brasil, a Astronomia dos nativos não é tão simplificada quanto a dos nativos da América Central. Os nativos Tembé, que habitavam a divisa do Pará com o Maranhão, tinham um sistema de constelações baseado nos animais típicos da caça. Sabe-se, atualmente, que o Cruzeiro do Sul era também utilizado por eles para orientação noturna. É mister afirmar que todo esse desenvolvimento da Astronomia, que perpassou essas civilizações, foi crucial para a evolução da humanidade. Dessa forma, constituiu o fundamento para as culturas posteriores retomarem e darem continuidade a esses estudos e observações, chegando ao século XV com muitos argumentos capazes de sustentar novas teses, isto é, construindo e reconstruindo o conhecimento.

Esta simbologia impregna seus relatos e narrativas gráficas presentes na iconografia inscrita nos artefatos rituais (indumentárias e instrumentos). Tais narrativas gráficas tratam, principalmente, de mitos, práticas e eventos relacionados com o cotidiano dos membros das comunidades Ticuna que vivem na fronteira entre Brasil (Estado do Amazonas), Colômbia e Peru (JALLES; IMAZIO, 2004, p. 09).

Do que foi exposto até o presente momento, fica claro que há uma ligação direta da Astronomia com as disciplinas da Educação Básica. Em vários momentos, os tópicos elencados fazem referência direta a conteúdos de disciplinas da Educação Básica, como, por exemplo, Geografia, História, Biologia, Filosofia, Matemática. Logo, a educação ganharia muito, se o assunto fosse abordado nas referidas disciplinas e ou se existissem momentos na escola para trabalhar os conteúdos das disciplinas escolares aos olhos da Astronomia.

Dessa forma, seria oportunizada mais uma perspectiva para o ensino e a aprendizagem dos nossos educandos. Segundo Brasil (1998, p. 38), um céu estrelado, por si só, é algo que proporciona inegável satisfação e sensação de beleza. O fascínio pelos fenômenos celestes levou os seres humanos a especular e a desenvolver ideias astronômicas desde a mais distante Antiguidade. Assim, seria desenvolvida uma forma de aprimorar os conhecimentos utilizando o lugar do “ócio”.

## 2.3 Da Renascença ao Século XXI

Nesta parte da discussão, apresentamos a filosofia baseada na razão e não na fé. No sentido da razão, os argumentos e as hipóteses precisam ser testados pelo método da experimentação. Caso a hipótese seja comprovada, será aceita; ao contrário, será recusada, bem diferente do que foi visto nos argumentos anteriores.

A Astronomia na Idade Média é muito pobre. As maiores contribuições vieram dos povos Árabes, conforme Caniato (2013). Na Europa, as concepções Aristotélicas de ciência, baseadas no senso comum, contribuíram negativamente, atrasando o desenvolvimento da Astronomia. Também a repressão da Igreja Católica favorecia o atraso da ciência. De acordo com Caniato (2013, p. 33), “durante toda a Idade Média, a maior contribuição no estudo da Astronomia foi dada pelos árabes”. No catolicismo, os conceitos sobre o universo se baseavam no modelo de Ptolomeu e na afirmação da Bíblia de que o Homem é o centro das atenções de Deus; logo, a Terra é o centro do universo. Com esses argumentos, o Geocentrismo permaneceu sendo aceito por mais de 1000 anos, na Europa.

À luz dos recentes questionamentos historiográficos, não podemos deixar de achar estranho o gigantesco salto, recorrente nos livros de história da matemática, registro entre o século III a.C., quando viveu Euclides, e o século XV, quando a matemática voltou a se desenvolver na Europa. A ideia aqui é contribuir para a desconstrução de alguns mitos em torno do pensamento medieval, sobretudo, aqueles que levaram a tal designação como “idade das trevas” (ROQUE, 2012, p. 213).

Assim, no final da Idade Média, as concepções do universo na Europa eram praticamente as mesmas de 1000 anos atrás, com o agravante de que, para muitos estudiosos, a Terra não era plana, mas sim esférica. Os europeus passaram a mudar suas crenças a partir do começo das grandes navegações e das grandes viagens à Ásia, América e ao Oriente Médio. Como afirma Faria (1982, p. 31), “a predominância do pensamento religioso cristão vem praticamente banir o desenvolvimento das ciências e até mesmo gerar seu esquecimento”.

Nicolau Copérnico apresentou, em 1543, em seu livro *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, um sistema colocando o Sol no centro do Universo. Ele argumentava que, do ponto de vista matemático, os epiciclos poderiam ser eliminados, se o Sol fosse colocado no centro do Universo. Mas, segundo Koyré (2010), esse universo ainda era finito, recuperando assim dos antigos gregos, tais como Aristóteles, Hiparco, Aristarco e Ptolomeu.



O grande mérito de Copérnico, porém, foi o de retomar a tradição da Astronomia matemática dos gregos, que no passado dera origem ao *Almagesto* de Ptolomeu e que, treze séculos mais tarde, gerou o *De revolutionibus*. Este foi escrito, basicamente, para solucionar o problema das irregularidades dos movimentos planetários que Ptolomeu e os seus seguidores tinham deixado insolúvel (MOURÃO, 2003, p. 98).

Não havia mais como continuar aceitando o modelo geocêntrico de Ptolomeu, pois eram muito evidentes as desconexões entre as previsões do tal modelo e as medidas que os astrônomos já dispunham no século XVI. As leis do movimento planetário precisavam ser revistas. Em vez de os planetas e o Sol se movimentarem em torno da Terra, estava claro que os planetas se moviam ao redor do Sol. De acordo com Rooney (2013, p. 163), “um astrônomo polonês, que não se preocupava com observações, decidiu que seria uma solução mais acertada se a Terra girasse em torno do Sol, e não vice-versa”. Copérnico questionava os epiciclos, que eram chamados de “laçadas” no modelo de ptolomaico. Então, Copérnico começou a idealizar seu sistema Heliocêntrico, isto é, um sistema centrado no Sol; porém, ele sabia que isso significava tirar a Terra e, portanto, o Homem do centro do universo. Essa ideia se contrapunha à razão, visto que o homem, sendo uma criação divina segundo a Igreja, não poderia deixar de ser o centro das atenções do cosmo. Para formular a teoria do sistema Heliocêntrico, Copérnico propôs:

(1) os corpos celestes não se deslocam ao redor do mesmo centro; (2) a Terra não é o centro do sistema do mundo, mas somente da órbita lunar; (3) o Sol é o centro do sistema do mundo; (4) em relação à distância das estrelas fixas, a distância do Sol à Terra é desprezivelmente menor; (5) o movimento aparente do céu deve-se à rotação da Terra ao redor do seu próprio eixo; (6) o aparente movimento anual do Sol no céu deve-se ao movimento da Terra e dos demais planetas ao redor do Sol; e finalmente (7), as estações, e os aparentes deslocamentos retrógrados dos planetas, devem-se ao movimento da Terra e dos planetas ao redor do Sol. Esses sete princípios fundamentais, expostos no *Commentariolus*, permitiram a Copérnico “explicar todas as desigualdades aparentes de deslocamentos celestes com o auxílio somente de movimentos uniformes” (MOURÃO, 2003, p. 59).

Apesar da contestação de Copérnico, a Astronomia na Europa só começou a avançar no século XVII, quando Galileu Galilei apontou sua luneta para o céu. Luneta esta, registrada pelo fabricante de lentes holandês, Hans Lippershey, que, supostamente, ele desenvolveu para enxergar as coisas de longe. A obra de Galileu ultrapassou a Física e teve consequências fundamentais na filosofia, na política e até mesmo na Igreja Católica.

Caniato (2013) afirma que Galileu, ao apontar a luneta para o céu, fez as seguintes descobertas: Via Láctea era a luz emitida por um número enorme de estrelas afastadas; existência de Luas em Júpiter; Montanhas na Lua, pois acreditavam que a Lua era lisa, sem imperfeições; manchas solares; e Vênus parecia mudar de forma (Fases de Vênus).

Galilei desenvolveu os seguintes experimentos: ele, ao observar uma lamparina oscilando na catedral de Pisa, tomou como medida de tempo sua própria pulsação e notou que a oscilação da lâmpada, por maior ou menor que fosse, tinha a mesma duração. Essa observação o levou a estudar o pêndulo. Seus trabalhos resultaram na Lei do Isocronismo.

Galileu foi um fabricante de instrumentos. Entretanto, apesar de suas contribuições ao aprimoramento do telescópio serem reconhecidas. [...] os estudos de Galileu começaram em Pisa, ainda no final do século XVI. Alguns escritos dessa época já contestavam a teoria aristotélica dos movimentos naturais, através do estudo de corpos em movimento dentro de um meio fluido. [...] desde os escritos iniciais, Galileu parecia acreditar que a melhor maneira de entender os fenômenos é mostrando como eles funcionam de modo mecânico (ROQUE, 2012, p. 304-306).

Baseado no que conheceu, concluiu que Nicolau Copérnico estava certo a respeito de sua arguição astronômica; seus argumentos eram tão avançados, que alguns cientistas não o compreendiam. Contudo, passou a fazer parte do conselho de cientistas da Igreja Católica. Mesmo estando neste posto, não deixou de publicar suas descobertas a respeito do movimento planetário. Ronan (2001) concluiu que Galileu tentou, primeiramente, juntar suas teorias com as Sagradas Escrituras, pois, na Bíblia, havia citações indicando que a Terra era redonda, mas a igreja afirmava que a Terra era plana; logo, não obteve sucesso nesta proposta de união.

De acordo com Cyrino (2006, p. 116), “por defender o heliocentrismo, foi chamado pela Inquisição. Teve que, em público, abjurar suas ideias e reconhecer o mal que elas faziam e, para tanto, precisou ler e assinar a confissão que lhe haviam preparado”. Outro agravante era que suas obras eram em italiano, não em latim, como era imposto pela Igreja Católica. Ele seria condenado à prisão se publicasse tais obras, visto que o italiano era muito acessível ao povo, o que poderia enfraquecer o poder de Roma. Podemos destacar que, para a Ciência evoluir, o cientista teve que superar, além da dificuldade de compreensão do fenômeno observado, os paradigmas de uma sociedade na qual estava inserido.

Apesar disso, ele publicou sua obra, mas, em 22 de junho de 1635, no auge da Inquisição, o cientista foi obrigado a negar suas descobertas para não ser queimado na fogueira. Conforme Torres et al. (2013, p. 259), “Galileu atraiu muitos inimigos poderosos na igreja católica, chegando a ser julgado e condenado pela Inquisição. Só escapou de ir para a fogueira por ter renegado publicamente suas convicções. Foi então confinado em prisão domiciliar para o resto da vida”. Durante o período de reclusão, ele concluiu seu estudo, segundo o qual o universo pode ser entendido pelo intelecto humano e é governado por leis matemáticas.

Segundo Ronan (2001), Tycho Brahe foi o primeiro cientista a buscar a precisão das medidas celestes. Nascido em Skane, atualmente Dinamarca e uma parte da Suécia, Tycho construiu um astrolábio gigante de madeira. Com ele, em 1564, observou uma grande aproximação de Júpiter e Saturno. Pôde verificar a incoerência das até então consideradas melhores tabelas astronômicas acerca desse evento, formuladas por Ptolomeu. Tycho já questionava a astronomia aristotélica e, ao ver erros nas tabelas astronômicas, formulou um novo modelo para reger os movimentos dos planetas.

No cortejo fúnebre de Tycho, extraordinariamente esmerado, estava um de seus assistentes, Johannes Kepler (1571-1630) [...] A descoberta feita por Kepler, e que tanto o deliciava, era de que, usando o cosmo copernicano, com o sol no centro, ele poderia colocar nos espaços entre as esferas que continham os seis planetas em suas órbitas os cinco poliedros regulares da geometria euclidiana (RONAN, 2001, p. 76).

Portanto, o ajudante de Brahe, após apropriar-se de observações feitas pelo seu mestre, pôde afirmar que as órbitas dos planetas e cometas eram elípticas, o que poderia justificar o movimento retrógrado que Marte fazia, eliminando, assim, os epiciclos, que Ptolomeu criara para justificar tal movimento. Kepler utilizou essas observações para formular as três leis que regem o movimento dos planetas e cometas:

- 1<sup>a</sup>. A órbita de cada planeta é uma elipse com o Sol em um dos focos;
- 2<sup>a</sup>. A reta (raio) que une o Sol ao planeta varre áreas iguais em tempos iguais;
- 3<sup>a</sup>. O quadrado do período orbital dos planetas é inversamente proporcional ao cubo de sua distância média do Sol.

Como afirma Hewitt (2015, p. 196), “depois da morte de Brahe, Kepler transformou as medidas de Brahe em valores que seriam obtidos por um observador estacionário externo ao sistema solar. [...] Ele então descobriu que as trajetórias dos planetas eram elipses. Essa é a primeira lei de Kepler do movimento planetário”, que serviu de suporte para a mecânica de Newton e, posteriormente, para a nova Física de Einstein.

Ele acreditava no movimento harmônico para os corpos celestes; logo, sentiu necessidade de reformular as ideias de Platão sobre os sólidos geométricos (sólidos platônicos) que são: Tetraedro, Hexaedro, Octaedro, Dodecaedro e o Icosaedro. Como atesta Pires (2011, p. 98), “tentou então inscrever no intervalo seguinte (entre Júpiter e Marte) um quadrado; entre Marte e a Terra, um pentágono; entre a Terra e Vênus, um hexágono; mas não deu certo”. Não obtendo sucesso com a geometria plana, passou a utilizar a geometria espacial.

E, no ano de 1596, segundo (PIRES, 2011), apresentou seu modelo no livro *Mysterium Cosmographicum*, com apenas vinte e cinco anos de idade. No entanto, mesmo com esse avanço proposto por Kepler, observa-se que a sua ciência ainda trazia um pouco de misticismo, pois ele utilizou os sólidos platônicos, que eram cercados de misticismo, desde seu descobrimento por Plantão, pois estes sólidos obedecem a certas propriedades aritméticas fascinantes.

Newton, por ser filho de pequenos agricultores, não teria acesso ao estudo, mas teve uma oportunidade financiada pelo seu tio. Então, ele passou a estudar as teorias astronômicas já existentes, como as formuladas por Aristóteles, Platão, Ptolomeu, Hypatia, Copérnico, Galileu. Pires (2011, p. 181) destaca que “o currículo das universidades naquela época era ainda dominado pelo Aristotelismo, mas, ao que parece, a partir de 1664, Newton passou a ler Descartes, Gassendi e Boyle, sendo influenciado por esses autores”. Isaac Newton, ao dar continuidade aos estudos de Galileu, pôde então formular a lei da Mecânica para os corpos celestes e o modelo corpuscular para a óptica geométrica. “O Globo da Terra e do Mar assume uma forma redonda pela atração mútua de suas partes” (KOYRÉ, 2010, p. 190).

Depois de ter feito várias anotações sobre as filosofias, encantou-se com a óptica que Kepler (1571-1630) já tinha desenvolvido. Passou também a estudar os fenômenos ópticos, como podemos perceber em Pires (2011, p. 184): “Em 1671, foi eleito membro da *Royal Society* pelos seus trabalhos em ótica e, no início de 1672, apresentou a essa Sociedade um resumo de teoria sobre a luz”. Ele ainda não tinha completado 25 anos quando iniciou a revolução da Matemática, da Óptica, da Física e da Astronomia, ao lançar a base do cálculo diferencial e integral. Este cálculo diferencial e integral tornou-se fundamental para o avanço das ciências exatas, da saúde e da economia, pois a solução da maioria dos problemas requer o cálculo.

Muito antes da descoberta independente do alemão Gottfried Wilhelm Von Leibniz (1646 - 1716), o método dos fluxions, como ele o chamava, estava baseado na descoberta crucial de que a integração de uma função é meramente o procedimento inverso da diferenciação. Ele havia concluído, durante os dois anos que passara em casa, que a luz branca não era uma entidade simples como acreditavam todos desde Aristóteles, embora o fato de a luz solar produzir várias cores ao passar por um prisma fosse conhecido. Como afirma Caniato (2013, p. 58), “as primeiras descobertas têm a ver com a decomposição da luz, refração e a completa explicação dos fenômenos ópticos do arco-íris”. Após esta descoberta, foi possível desenvolver instrumentos que alavancou a Astronomia observacional.

Lemos em Pires (2011, p. 183-184) que, “no inverno de 1667, foi construído o primeiro telescópio de reflexão. A vantagem desse telescópio é que ele elimina a aberração cromática produzida por uma lente e seu tubo é mais curto”. Ainda, de acordo com Oliveira Filho e Saraiva (2014, p. 731), “Newton concluiu, erroneamente, que telescópio usando lentes refratoras sofreria sempre de aberração cromática. Aberração  $\propto F/D^2$ , onde  $F$  é a distância focal e  $D$ , o diâmetro da objetiva. Ele, então, propôs e construiu um telescópio refletor, com 15 cm de comprimento”. Na construção desse telescópio, utilizou espelho plano no tubo a quarenta e cinco graus, o qual refletia a imagem para a ocular colocada adjacente. Diante do exposto, podemos perceber que, mesmo os grandes cientistas, às vezes, cometem erros.

O telescópio de Newton gerava imagens nove vezes maiores do que os telescópios refratores existentes naquela época. Os espelhos construídos naquela época produziam imagens imperfeitas, com aberração esférica. Faria (1982, p. 33) destaca que “devemos ainda a Newton o cálculo infinitesimal, a teoria corpuscular da luz e uma teoria das cores. Foi também Newton o primeiro a observar e a estudar o espectro da luz, e ainda inventou o telescópio refletor”.

Newton formulou a lei da força centrípeta sobre um corpo em órbita circular. A ideia genial dele, em 1666, foi imaginar que a força centrípeta na Lua era originada pela ação gravitacional da Terra. “Em qualquer lugar do Universo, duas partículas sempre se atraem com forças exercidas na reta que passa por elas e cujo módulo é diretamente proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separa” (GASPAR, 2010, p. 289). Dessa lei da força centrípeta e da terceira Lei de Kepler, deduziu a lei da atração gravitacional. Para Pires (2011), foi no século XVIII que Laplace escreveu a equação na forma como atualmente a conhecemos:  $F = GMm/r^2$ .

Em 1679, Newton comprovou a Lei das Áreas de Kepler, que é uma consequência da força centrípeta, como, também, comprovou que a órbita é uma elipse para um corpo sob ação de uma força de dentro para fora em que a dependência radial varia com o inverso do quadrado da distância ao centro. De acordo com Oliveira Filho e Saraiva (2014), Halley o convenceu a escrever um livro contendo sua nova Física e as aplicações na Astronomia. Em dois anos, escreveu os dois primeiros volumes do *Principia*, com suas leis gerais, mas, também, com aplicação a colisões, pêndulo, projéteis, fricção do ar, hidrostática e propagação de ondas (RONAN, 2001). Somente em 1687, foi publicado o *Philosophiae naturalis principia mathematica*. O *Principia* é reconhecido como o livro mais importante de todos os tempos.

Em agosto de 1684, Halley viajou até Cambridge e aproveitou para consultar Newton sobre que tipo de órbita um planeta teria, se a força de atração variasse segundo a lei do inverso do quadrado, e ficou surpreso ao saber que Newton já havia resolvido o problema e encontrado que a órbita era uma elipse (PIRES, 2011, p. 189).

Newton analisou o movimento dos corpos em meios resistentes e não resistentes sob a ação de forças centrípetas. Em Pires (2011, p. 196), lê-se: “Na definição 5, ele diz que a força centrípeta é aquela que atrai um corpo para um centro, como a gravidade ou o magnetismo”. Em relação ao sistema solar, ele propôs que o Sol, por ter uma massa maior que a dos demais planetas, teria uma força de atração maior que a força de atração de um planeta. Nesse caso, os planetas eram obrigados a girar ao redor dele, expandindo essa lei a todos os corpos celestes (PIRES, 2011). Ou seja, todos os planetas que orbitam sua estrela são regidos por essa lei que rege o movimento do planeta Terra ao redor do Sol e da Lua ao redor da Terra.

Explicou, ainda, muitos outros fenômenos até então não esclarecidos, tais como: a órbita excêntrica dos cometas; as marés e suas variações; a precessão de inclinação do eixo da Terra; e o movimento da Lua perturbado pela gravidade do Sol. Explicou que o movimento de três corpos sob uma força central só pode ser resolvido por aproximação. Conforme Pires (2011, p. 191), “no livro III, ele aplica esses princípios ao movimento dos planetas, cometas, Lua e aos mares”. Neste caso, devido ao movimento da terra, as águas dos oceanos são atraídas pela força da gravidade tendendo a ficar em estado inercial.

Por outro lado, a teoria da gravidade de Newton se baseava em um modelo mais simples ainda, no qual os corpos se atraíam reciprocamente com uma força que era proporcional a uma quantidade chamada de massa de cada um e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles. Contudo, ela prevê os movimentos do Sol, da Lua e dos planetas com um alto grau de precisão (HAWKING; MLODINOW, 2005, p. 23).

De acordo com Braga (2011, p. 137), “o século XVIII inaugurou uma astronomia que privilegiava a observação e a análise das estrelas com relação ao estudo dos planetas”. John William Herschel desenvolveu, de forma brilhante, muitos telescópios newtonianos, que foram fundamentais para aprimorar as ideias de Newton. Era um exímio construtor de equipamentos ópticos e descobridor dos seguintes astros com o seu telescópio: planeta Urano, luas em Saturno, Nebulosas e Estrelas Duplas. Foi o primeiro astrônomo a convencer o rei da Inglaterra a financiar a construção de um grande telescópio, em 1780. “Em homenagem ao rei da Inglaterra, Jorge III, o novo planeta foi chamado por Herschel de *Georgium Sidus* – posteriormente, batizado de Urano” (BRAGA, 2011, p. 137). Henschel, queria descobrir a forma do universo, e para isto, utilizaria a densidade de distribuição das estrelas no cosmo.

Herschel foi o primeiro homem a criar um Mapa Celeste bastante detalhado, depois de, aproximadamente, 30 anos de observações celestes com o seu grande telescópio. Esse sistema organizado do Cosmo, no qual o centro é ocupado pelo Sol, veio a ser denominado mais tarde de Galáxia. “Herschel começou a catalogar o céu, anotando tudo de maneira bastante metódica” (RONAN, 2001, p. 103). Seu empenho nesse estudo fez com que ele descobrisse 525 nebulosas. Ao aperfeiçoar as descobertas de Newton sobre a luz e a astrofísica, construiu o primeiro telescópio para um levantamento preciso do céu.

Segundo Ronan (2001, p. 105), “Herschel catalogou não uma centena, mas cerca de 2500 exemplares nos céus do hemisfério norte”. Segundo Oliveira Filho e Saraiva (2014, p. 213), “William Herschel descobriu uma companheira fraca da estrela Castor ( $\alpha$  Geminorum) e mediu o período do sistema como sendo de 342 anos”. Para poder realizar esse feito, utilizou o estudo de James Bradley (1693-1792), realizado em 1759. Herschel pôde concluir que se tratava de corpos interagindo gravitacionalmente, isto é, de binárias físicas.

Quando a tecnologia possibilitou a construção de um telescópio com maior abertura e, consequentemente, com maior alcance, Herschel pôde perceber que as manchas difusas no universo eram nebulosas. Dessa forma, nas últimas décadas do século XVIII, Herschel, que já era famoso por ter descoberto o planeta Urano em 13 de março de 1781, “mapeou a Via Láctea e descobriu tratar-se de um sistema achatado. Segundo seu modelo, o Sol ocupava uma posição central na Galáxia, mas hoje sabemos que essa conclusão estava errada” (OLIVEIRA FILHO e SARAIVA, 2014, p. 607). No entanto, sabemos que a ciência é feita de tentativas e erros, construção e reconstrução do saber, mas, para a época, este pensamento era bastante evoluído, uma vez que o astro de maior massa conhecido na galáxia era o Sol; então, logicamente, este teria um lugar privilegiado no universo.

John William Herschel, filho de John Herschel, foi pioneiro no uso dos termos positivo e negativo para fotos em relação às imagens fotográficas. Em 1819, descobriu a capacidade do hipossulfito de sódio para a diluição de sais de prata, o que abriu caminho para a fabricação de fixadores em fotografia. Antes de morrer, publicou um conceituado tratado de óptica. “Era para ser a primeira insinuação das possibilidades da fotografia. O seu estudo de 1839 para a Royal Society intitulava-se: ‘Um relato sobre a arte do desenho fotogênico ou o processo pelo qual os objetos naturais podem ser delineados por si só, sem a ajuda do lápis do artista’” (COUPER; HENBEST, 2009, p. 203).

James Clerk Maxwell (1831-1879), seu pai, conforme Pires (2011), matriculou-o na *Edinburgo Academy*, onde ele permaneceu aluno até os 16 anos e começou a assistir aulas na *Edinburgo University*. Aos 18 anos, Maxwell escreveu dois artigos para a *Royal Society* de *Edinburgo*. Por ser tão jovem, não foi aceito como pesquisador. Sendo assim, teve que pôr o nome do seu professor como autor dos textos. No ano de 1850, já consagrado como um excelente matemático, Maxwell vai a Cambridge University e lá pesquisa sobre cor, hidrostática, óptica e os anéis de Saturno.

No ano de 1859, ao voltar para seu país, “ganhou um prêmio pela conclusão de que os anéis de Saturno são formados por pequenas partículas – uma conclusão que seria comprovada um século mais tarde, durante a idade espacial”, segundo Hewitt (2015, p. 487). Entre tantas outras descobertas, podemos destacar a que deu origem à lei de Faraday: ‘um campo magnético variável induz um campo elétrico’-, corrigindo a lei de Ampère. Como afirma Griffiths (2011, p. 224), “o próprio Maxwell tinha outros motivos para querer acrescentar este termo à lei de Ampère”. Em 1888, essa teoria foi comprovada por Hertz.

Maxwell discutiu, em seguida, a lei de Ampère detalhadamente. Como sabemos, se um fio na direção  $y$  percorrido por uma corrente  $i$  é colocado na presença de um campo magnético  $B$  na direção  $z$ , cada elemento  $dy$  do fio fica sujeito a uma força magnética na direção  $x$  dada por  $dF = iBdy$ . Esta equação pode ser usada para definir o campo  $B$  (PIRES, 2011, p. 279).

A contribuição mais extraordinária que Maxwell deu à ciência foi a concepção da teoria eletromagnética, ou seja, conseguiu relacionar as equações da eletricidade e do magnetismo e até da óptica numa mesma teoria. Como afirma Hewitt (2015, p. 487), “enquanto o trabalho de Newton primeiro unificou a mecânica, o trabalho de Maxwell no eletromagnetismo foi chamado de ‘a segunda grande unificação da física’”. O estudo de óptica feito por ele foi crucial para entender a penumbra e a umbra que ocorrem num eclipse solar.

Com essa explicação científica, a ciência pôde, finalmente, amarrar todas as pontas soltas a respeito dos eclipses solares e lunares. Segundo Griffiths (2011), a partir da lei de Ampère, Maxwell chegou à seguinte relação entre a densidade de corrente  $J$  e a intensidade magnética  $B$ , para a equação da continuidade temos  $\nabla \times B = \mu_0 J + \mu_0 \epsilon_0 \partial E / \partial t$ . É evidente que ele não usou a notação descrita acima; escreveu todas as suas equações como somas de derivadas e utilizou letras diferentes para cada componente do vetor em  $U^3$ . De fato, foram muitas as contribuições de Maxwell para a ciência, mesmo em tão pouco tempo de vida, pois faleceu com 48 anos, vítima da mesma doença da sua mãe.



## 2.4 Conhecimento de Astronomia e o Sistema Escolar

Neste capítulo elabora-se uma matriz adjunta com o que foi exposto nos dois tópicos anteriores e o sistema educacional brasileiro. No decorrer desse processo, o que a escola tem propiciado aos seus alunos no âmbito da Astronomia, principalmente, considerando as atividades desenvolvidas desde o final do século XIX? A escola tem acompanhado esse desenvolvimento com a mesma celeridade, ou ela ainda está no século XX, no que se refere ao ensino de Astronomia, Matemática e Física?

Desde os primórdios, a humanidade preocupa-se com a sua sobrevivência e permanência no planeta, mas, para isso, o homem precisou adotar mecanismos para preservar e impulsionar todo conhecimento adquirido com as suas experiências de vida. Os principais foram a observação astronômica e o espaço ao qual atualmente chamamos de escola, após a criação da escrita há, aproximadamente, 6.000 anos. A esse respeito, Mol afirma que:

Porém, o maior legado dessa civilização foi o desenvolvimento, no quarto milênio antes da nossa era, da forma de comunicação escrita mais antiga da humanidade: a escrita cuneiforme, assim denominada por ser composta por símbolos em forma de cunha. Os mesopotâmicos usavam como suporte para sua escrita, placas de argila, que eram marcadas com estilete e, em seguida, eram cozidas ou secas ao sol para aumentar sua durabilidade. Essas tabuletas, normalmente retangulares, tinham espessura pouco maior que 2 cm, com tamanhos variando de poucos a algumas dezenas de centímetros (MOL, 2013, p. 16-17).

Ainda a esse respeito, Langhi e Nardi (2012, p. 87) afirmam que “uma breve análise sobre o contexto histórico da evolução da educação em astronomia em alguns países aponta para a profunda influência que associações, sociedades e grupos de pesquisa exercem sobre mudanças de programas e currículos escolares oficiais nacionais”. Assim, foi possível a transladação do saber de geração em geração até os dias atuais.

Esses mecanismos passaram por algumas mudanças ao longo de todos esses séculos; no entanto, é comum em todas as civilizações que o saber esteja em primeiro lugar e seja socializado. A fenda do querer constitui-se na disponibilidade e na alegria de ter uma ciência ao alcance de todos. Como afirmam Couper e Henbest (2009, p. 8): “No entanto, a astronomia não tem a ver apenas com sondas, satélites, [...] Em seu sentido mais elementar, a astronomia tem a ver com a exploração desse vasto laboratório ao alcance de todos, em qualquer lugar do planeta: o céu noturno”. Neste caso, temos inúmeras salas para lecionar astronomia.

A Técnica antecedeu a Ciência, como o instinto de sobrevivência do Homem Pré-Histórico num meio hostil adiaria o desenvolvimento da capacidade humana de abstração. [...]. Nesse breve prazo de tempo, o Homem foi capaz de criar a Ciência, que se desenvolveria, inicialmente, em bases metafísicas. Conforme o espírito científico passou, lenta e gradualmente, a predominar nos estudos e pesquisas, ocorreria um progresso acelerado do conhecimento científico, o qual, somente na Época Moderna, se estruturaria em bases lógicas, racionais e positivas (ROSA, 2012, p. 23).

Foi assim com os mesopotâmicos, babilônicos, egípcios, jônios e gregos, e é, também, nos dias atuais. Para facilitar os processos de ensino e de aprendizagem, a instituição escolar foi se moldando de forma a agregar também a responsabilidade da transmissão de conteúdos, de valores sociais que ajudariam a sociedade a entender-se como promotora e coparticipante do seu desenvolvimento. Para Mol (2013, p. 16), “na Mesopotâmia, a vida urbana floresceu, a técnica e os artefatos evoluíram a partir do domínio da metalurgia e a engenharia teve progressos nos métodos de construção e no desenvolvimento de sistemas de irrigação e de controle de cheias”. Dessa forma, o espaço escolar tornou-se fundamental no desenvolvimento do ser humano; porém, o sistema educacional transformou-se num espaço de privilégio de poucos. Em muitos casos, os currículos e a prática pedagógica resumiram-se à mera repetição do conhecimento.

Apresentada em várias propostas como um dos aspectos importantes da aprendizagem matemática, por propiciar compreensão mais ampla da trajetória dos conceitos e métodos da ciência, a história da matemática também tem se transformado em assunto específico, um item a mais a ser incorporado ao rol dos conteúdos, que, muitas vezes, não passa da apresentação de fatos ou biografias de matemáticos famosos (BRASIL, 1997, p. 23).

O Humanismo tradicional foi materializado pela educação jesuítica, representando o movimento de alargamento colonialista português fundamentado na fé católica. Sendo assim, o ensino se resguardava apenas a transmitir conhecimento aos alunos, sem que eles pudessem questionar qualquer informação recebida. Como afirma Gadamer (2011, p. 44), “no conceito de formação percebe-se claramente quão profunda é a mudança espiritual que nos permite parecer contemporâneos do século de Goethe, e, em contrapartida, considerar a época barroca como um passado pré-histórico”. Esta prática pedagógica detinha-se apenas à obra jesuítica.

Iniciada na Europa, no final do século XIX, a Pedagogia da Escola Nova desenvolveu-se e concretizou-se em todo o continente, chegando aos Estados Unidos da América, que a implantou em toda a América Latina após a segunda guerra mundial. Essa concepção de educação modificou totalmente a compreensão de professor, aluno, metodologia, conteúdos, formas de avaliação e, também, a relação com o aluno durante o processo ensino-aprendizagem.

O desenvolvimento da industrialização no Brasil, na década de 20 do século XX, provocou a implantação e a consolidação de uma pedagogia considerada necessária para formar mão de obra qualificada: a Pedagogia da Escola Nova. Como afirma Saviani (2000, p. 02), “de modo especial, a partir do ‘Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova’, em 1932, as mazelas da educação brasileira foram todas postas em relevo, denunciadas e anatematizadas”. Dessa forma, o professor passou a ser visto como aquele que, na sua tarefa educativa, utilizaria o método científico, levando para a sala de aula as experiências no campo pedagógico; experiências inspiradas, principalmente, pela Psicologia da Aprendizagem e do Desenvolvimento Biológico Educacional. Com base nessa perspectiva, passou-se a entender o aluno como ser social acima de tudo.

O homem cria uma segunda natureza que é sua natureza cultural, na qual os processos de significação definem a própria noção de cultura. A cultura transforma o dado natural porque o homem cria significações, transmitindo-as em processos de internalização e de conversão. As relações sociais internalizadas constituem o sujeito na dialética indivíduo-sociedade. A visão marxista colocou o homem e suas relações sociais no centro para destacar a agência humana na condução desse processo cultural, como que para afastar um certo naturalismo (MOSTAFA, 2008, p. 61).

Desse marco em diante, a formação do professor, e não somente a vocação, passou a ser compreendida como fundamental para um bom desenvolvimento da educação dos alunos. Atualmente, os currículos caminham para um modelo em que os alunos são agentes da construção do conhecimento, junto com seus docentes. Essa mudança também se deve ao acesso à escola, que deixou de ser privilégio de poucos, pois, segundo Tardif e Lessard (2012, p. 200), “a escolarização obrigatória transformou substancialmente, também, o nível secundário, que, durante bastante tempo, foi reservado a uma elite e que tornou-se, atualmente, uma escola de massa”, passando a ser acessível a todos. Ainda, em relação a esse posicionamento, lemos em Brasil (1934, Art 149) que:

A educação é direito de todos e deve ser ministrada pela família e pelos Poderes Públicos, cumprindo a estes proporcioná-la a brasileiros e a estrangeiros domiciliados no País, de modo que possibilite eficientes fatores da vida moral e econômica da Nação e desenvolva no espírito brasileiro a consciência da solidariedade humana.

Portanto, observamos que, no Brasil, além do desenvolvimento tardio, a educação permaneceu por longa data centralizada nas pessoas de forte poder aquisitivo, bem diferente do que deveria ser. Ou seja, escola deveria ser um lugar de socialização do conhecimento científico, como, também, um ambiente de alegria para acolher todos os alunos de forma amigável. Só assim eles terão gosto em ir para a escola, a fim de construir conhecimentos capazes de transformar a sociedade para que seja cada vez mais justa e igualitária.

Para Snyders (1988, p. 13), “[...] a arte de parir os espíritos, a maiêutica, leva a participar das ideias cuja existência pura, eterna, transcende a todo o indivíduo”. Neste sentido, a escola é única ou, pelo menos, a mais bem situada para propor: que seria uma escola que tivesse realmente a audácia de apostar tudo na satisfação da cultura elaborada, das exigências culturais mais elevadas, Snyders (1988). Com isso, a educação passou a ser ponte para a modernização e o desenvolvimento das nações. O Brasil passou a traçar metas para que sua educação avançasse, sendo uma delas, segundo Saviani (2008), que o Estado Brasileiro deveria destinar um maior percentual do Produto Interno Bruto – PIB à educação.

Ainda, sobre essa temática, Saviani (2008, p. 224) comenta que “se configurou uma forma econômica caracterizada por uma crescente socialização do processo de produção que coexiste com a apropriação privada dos bens produzidos coletivamente”. Apesar das metas traçadas, o Brasil só garantiu o direito à escola para os jovens, na Constituição de 1988 e na Lei de Diretrizes e Bases de 1996, atribuindo ao Estado e à família a responsabilidade pela educação dos jovens. A instituição escolar ficou com a missão de promover o desenvolvimento dos educandos. E, cada unidade escolar deveria ter características e formas de organização próprias, adequando-se à sua localização geográfica e ao meio onde estivesse inserida.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDB, no Art. 2º, dos Princípios e Fins da Educação Nacional postula: “A educação, dever da família e do Estado, inspirada nos princípios de liberdade e nos ideais de solidariedade humana, tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho”. Ainda, a este respeito, (BRASIL, 2002, p. 12) lembra o Artigo 22 da LDBEN/96, que traz a “formação comum indispensável para o exercício da cidadania...”. Diante da obrigação do cumprimento dessa finalidade, o educador não tem direito de ignorar a condição extraescolar do educando. É preciso, então, considerar a realidade do aluno da escola, evitar sugerir novas disciplinas ou sobrepor o trabalho das já existentes, até porque esse tipo de aprendizado não se desenvolve necessariamente em aula, mas, sobretudo, em outras práticas.

Sendo assim, é papel da escola atualizar tanto seus conceitos pedagógicos didáticos, quanto os conteúdos, para que o indivíduo ali educado seja inserido numa realidade condizente com a sociedade em que ele vive. Essas mudanças vão além da realidade cultural. Para Vieira (2002, p. 26), “entendendo o conhecimento como um valor especial, hoje, a maioria dos pais procura propiciá-lo de todas as maneiras a seus filhos, mais até do que bens materiais”.

A função social da escola é um dos temas mais frequentes no debate contemporâneo sobre educação. Vive-se um período de transformações sem precedentes na história da humanidade. [...]. Sempre que a sociedade defronta-se com mudanças significativas em suas bases sociais e tecnológicas, novas atribuições passam a ser exigidas à escola. Consequentemente, também sua função social tende a ser revista; seus limites e possibilidades, questionados (VIEIRA, 2002, p. 13).

Com as alterações vivenciadas ao longo do tempo, surge a necessidade de pensar a função social da escola. Observando as mudanças que ocorreram na sociedade com a revolução científico-tecnológica, a partir da Revolução Francesa, no século XVII, e mesmo na vida particular de cada indivíduo, percebemos que o aparecimento de novas tecnologias nos meios de comunicação provocou uma verdadeira transformação na maneira como vivemos e pensamos o mundo à nossa volta. Essa mudança, por sua vez, ocorreu de forma mais marcante na vida dos jovens, pois são eles que têm, desde a pré-escola até a universidade, acesso às ferramentas de informática.

A educação universal e de qualidade é percebida hoje como condição fundamental para o avanço de qualquer país. É o caminho necessário para evoluir. [...] A sociedade evolui mais do que a escola e, sem mudanças profundas, consistentes, não avançaremos rapidamente como nação. Não basta colocar os alunos na escola. Temos de oferecer-lhes uma educação instigadora, estimulante, provocativa, dinâmica, ativa desde o começo em todos os níveis de ensino. Milhões de alunos estão submetidos a modelos engessados, padronizados, repetitivos, monótonos, previsíveis, asfixiantes (MORAN, 2012, p. 08).

Em consequência disso, temos reforçado a importância social da escola. No entanto, existe um abismo entre a demanda e a oferta em relação ao acesso não somente à escola, mas, também, em relação ao acesso aos meios atuais de informação, que estão ligados à internet. Além da necessidade de repensar profundamente sua organização, a escola deve estar pautada nos quatro pilares que a comissão da Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura apresentou. São eles: “Aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a conviver e aprender a ser” (WERTHEIN; CUNHA, 2000, p. 36). Sendo assim, a escola precisa rever sua postura diante dos pilares elucidados pela UNESCO, para o século XXI.

É praticamente impossível falar hoje de ciências sem fazer referência à sua importância e a suas aplicações no cotidiano da vida moderna. Porém, há uma lacuna nesse contexto, já que o sistema educacional brasileiro não dá subsídios e condições suficientes para que os professores de ciências trabalhem de forma teórica e prática ao mesmo tempo. Então, uma grande maioria continua trabalhando esses conceitos de forma apenas teórica, enquanto poderia, por exemplo, lecionar aulas de Gravitação Universal utilizando a História da Astronomia, tornando as aulas lúdicas, já que esse conteúdo está constantemente presente em nossa vida.

Desde que acordamos e nos preparamos para ir à escola, vemos e fazemos ciência, basta observar as embalagens dos alimentos. Langhi e Nardi (2012, p. 87) destacam que “uma breve análise do contexto histórico da evolução da educação em astronomia em alguns países aponta para a profunda influência que associações, sociedades e grupos de pesquisas exercem sobre mudanças de programa”. O avanço no ensino de astronomia no Brasil também segue esse rito. Nos PCNS, há pouco mais de uma década, faz-se referência à importância do ensino de astronomia como aporte para o ensino de ciências.

Por outro lado, há uma barreira a ser vencida. É necessário quebrar paradigmas da educação tradicional, existentes desde a época de Pitágoras até os dias atuais. Segundo Parateli *et al.* (2006), há inúmeras maneiras para que isso ocorra: uma delas é abrir mais espaço para a opinião dos discentes a respeito do processo de ensino e aprendizagem de matemática nas aulas. O professor seria não somente detentor do saber, mas, também, valorizaria os raciocínios e ponderações dos educandos, pois estes alunos trazem consigo conhecimento de sua cultura, de sua religião, entre outros saberes, que são fundamentais para o desenvolvimento científico.

[...] para um professor competente, não basta dominar bem os conceitos de sua área – é preciso pensar criticamente no valor efetivo desses conceitos para a inserção criativa dos sujeitos na sociedade. Não basta ser criativo – é preciso exercer sua criatividade na construção do bem-estar coletivo. Não basta se comprometer politicamente – é preciso verificar o alcance desse compromisso, verificar se ele efetivamente dirige a ação no sentido de uma vida digna e solidária (RIOS, 2001, p. 108).

Nas últimas décadas, muito se tem falado em trabalhar com projetos nos quais os alunos são agentes da construção do saber; porém, isso não é novidade no campo de algumas tendências educacionais. Knoll (1997) destaca que a escola de Arquitetura, em 1590, foi a primeira a trabalhar com projetos na área da educação. Podemos perceber, então, que não é tão nova assim a ideia de elaborar projetos para a construção do conhecimento dos alunos. Mas, após quatro séculos, ainda é tímido o trabalho no Brasil, na Educação Básica, nessa perspectiva.

Em contrapartida, na Educação Básica, essa ideia de trabalho com projetos construídos pelos professores e alunos passa a concretizar-se a partir do manifesto dos Pioneiros da Educação Nova - A reconstrução educacional no Brasil, o qual define que “todo o indivíduo tem o direito a ser educado até onde o permitam as suas aptidões naturais, independente de razões de ordem econômica e social” (MANIFESTO, 1932, p. 42). Reconhecendo que o aluno é conhecedor do meio onde ele está inserido, o professor deve orientar o aluno na concretização, na construção e na reconstrução do conhecimento prévio ou empírico em científico.

Mas, como podemos observar no âmbito do sistema educacional brasileiro, mesmo após um século da implementação da metodologia que ficou conhecida como a nova escola, a grande maioria das nossas aulas ainda segue o paradigma em que o professor é detentor do saber e o aluno é apenas um receptáculo do conhecimento. A respeito desse modelo de ensino, Jesus (2010, p. 172) destaca que:

A diferença principal entre um experimento e uma prova é demonstrada pela diferença nas relações semânticas que uma hipótese empírica admite para um experimento bem-sucedido e uma conjectura matemática para uma prova construída. Aconteça o que acontecer à sua probabilidade, o significado de uma hipótese empírica permanece inalterado após a realização de um experimento

Porém, esse modelo recebeu e recebe muita rejeição de parte de alguns professores, uma vez que o professor deixa de ser o conhecedor e passa a ser um facilitador ou mediador entre o aluno e as fórmulas para resolver os problemas. Essa ideia de escola está na teoria do filósofo, psicólogo e pedagogo norte-americano, John Dewey, que tem como proposta uma escola centrada no aluno, pois ele é o ser fundamental no processo de ensino e aprendizagem. Podemos ver a defesa desse modelo de ensino em Dewey (1959, p. 258):

A passividade é o oposto do pensamento; que não é só um sinal de ausência do juízo e da compreensão pessoal, mas também invalida a curiosidade, provoca a distração mental e faz da aprendizagem uma tarefa, não um prazer. De acordo com suas ideias, o aluno é responsável pela sua aprendizagem, enquanto o professor é um guia, um diretor, pilota a embarcação, mas a energia propulsora deve partir dos que aprendem.

Com essa proposta de uma escola mais centrada no aluno do que nos conteúdos prontos e impostos pelos professores, não só o professor tem papel fundamental no desenvolvimento do aluno, mas, também, todos os agentes envolvidos na formação dele, como os pais, a escola e a comunidade. Os projetos são organizados em torno das necessidades da comunidade. Dessa forma, a abordagem dos temas faz correlação entre todas as disciplinas. É sugerido que os temas dos projetos tenham relação direta com os problemas existentes na comunidade, com enfoque no desenvolvimento dos conteúdos programáticos. A este respeito Morin (2003, p. 21), diz que:

O significado de “uma cabeça bem cheia” é óbvio: é uma cabeça onde o saber é acumulado, empilhado, e não dispõe de um princípio de seleção e organização que lhe dê sentido. “Uma cabeça bem-feita” significa que, em vez de acumular o saber, é mais importante dispor ao mesmo tempo de: uma aptidão geral para colocar e tratar os problemas; princípios organizadores que permitam ligar os saberes e lhes dar sentido

O professor deve propor uma investigação para resolver tais problemas durante as aulas, aproveitando para pôr em prática um trabalho concreto com seus alunos. Deve permitir que os discentes construam e reconstruam estratégias para alcançar o conhecimento pretendido na pesquisa, construindo conhecimentos capazes de possibilitar a aplicação dos conteúdos.

Uma educação voltada para o professor faz apenas os alunos memorizarem fórmulas, em vez de ensiná-las a aplicá-las aos problemas do dia a dia. É necessária uma educação que desenvolva a autonomia e a capacidade dos alunos de questionar e de argumentar. Argumentar não é convencer ou persuadir alguém de algo, mas é os interlocutores chegarem a um entendimento novo a respeito de algo; um entendimento cooperativamente produzido; um resultado produtivo para a educação. Assim, se faz uma verdadeira educação de experiências na escola, para o aluno aplicá-la na vida cotidiana, já que a sociedade moderna requer um sujeito que tenha conhecimento completo e não fragmentado. Para que haja contribuição efetiva dos conhecimentos produzidos numa sociedade que evolui numa velocidade estonteante, precisa-se de indivíduos capazes de resolver problemas, cada vez mais complexos e mais difíceis de lidar, pois no século XXI, as evoluções acontecem com mais rapidez que nos séculos anteriores.

Trata-se, então, na verdade, de desorganizar a escola, a partir de novos conteúdos. Por que existe um tal abismo entre o que a escola poderia ser, o que os alunos poderiam viver e o que eles vivem na realidade? Por que o cultural não lhes dá satisfação? Por que o cultural escolar lhes dá tão pouca satisfação? (SNYDERS, 1988, p. 15).

Na maioria das vezes, segundo Saviani (2000), as escolas não têm condições físicas para atender à sua demanda. Há escassez de recursos financeiros e de pessoal, falta de manutenção dos espaços escolares, índices elevados de desistência justamente por falta de estrutura geral, declínio da alfabetização, queda na qualidade do ensino, notas baixas nas “provas padronizadas”, entre outras situações. Tudo isso que está apontado para a escola só tende a piorar a cada ano, construindo-se um quadro essencialmente negativo, que impede o reconhecimento de experiências novas, fundadoras.

Cada ciência tem o seu próprio conteúdo, os seus próprios métodos, e a direção que assume é determinada pela aplicabilidade de seus métodos, os dados que lhe são peculiares. Não se pode esperar que o neurofisiólogo proceda da mesma forma que seria mais aconselhável segundo o ponto de vista do psicólogo, ou vice-versa. Mas pode-se esperar que ambas as ciências permaneçam em íntimo contato e se auxiliem reciprocamente; isto só é possível se ambas as partes tiverem algum conhecimento elementar que permita, pelo menos, a cada uma compreender a linguagem da outra e avaliar as suas descobertas mais importantes (FROMM, 1987, p. 133).

Apesar das grandes dificuldades que o ensino público enfrenta atualmente, há uma qualidade razoável em relação ao ensino e à aprendizagem. Nos últimos anos, muitos pensadores e professores vêm trabalhando com metodologias que trazem os alunos não somente para a sala de aula, mas, também, para participar do processo de construção do conhecimento dentro e fora da escola, por meio de oficinas lúdicas e projetos, que transcendem diversas disciplinas do conhecimento. Essas metodologias permitem que o aluno se perceba como parte do processo de ensino e de aprendizagem.



### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

*O que é na verdade mais belo que o céu, que, certamente, contém todos os atributos da beleza? Isto é proclamado pelos seus verdadeiros nomes, caelum e mundus. Portanto, se o valor das artes é julgado pelo assunto de que elas tratam, esta arte será de longe a mais notável, a chamada Astronomia, para muitos dos autores clássicos, a consumação da Matemática.*

COPÉRNICO. *De revolutionibus orbium Coelestium*. 1543.

No capítulo que segue, expõem-se os métodos e o procedimento utilizados para que a prática pedagógica fosse desenvolvida. Por fim, a análise dos resultados, com foco nos objetivos propostos na introdução do trabalho, a fim de verificar se foram alcançados ou não.

#### 3.1 Método

O método utilizado na pesquisa, de acordo com os objetivos, foi experimental, pois, conforme Gonçalves (2011, p. 66), “pesquisa experimental é aquela que se refere a um fenômeno que é reproduzido de forma controlada, submetendo os fatos à experimentação, buscando, a partir daí, evidenciar as relações entre os fatos e as teorias”. Nesse sentido, para evidenciar as relações com o fato pesquisado, utilizou-se um estudo de caso, sendo o campo da pesquisa, uma escola Estadual de Referência em Ensino, em Petrolina/PE. Para que esta pesquisa ocorresse, foi feita uma visita à Escola, no 1º semestre de 2014, quando foi solicitada à Diretora da Escola a autorização para a realização da Pesquisa de Mestrado.

Obtive da direção da escola uma carta de anuência, e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido por parte dos responsáveis pelos alunos. No projeto de intervenção foi feito levantamento de dados por meio de um estudo de campo, numa amostra com duas turmas, uma do 1º ano e a outra do 3º ano, ambas do Ensino Médio, totalizando 52 alunos. Na Escola, há 15 turmas, num total de 550 discentes no Ensino Médio. O Sistema Educacional a chama de Escola de Referência em Ensino Médio.

Nesta intervenção pedagógica, abordei o contexto histórico da Astronomia, iniciando com o homem primitivo, passando pela Mesopotâmia, Egito e Grécia antiga, Idade Média e Moderna, até chegar aos paradigmas que a astronomia investiga atualmente. Essa intervenção baseou-se em aulas dialogadas, utilizando slide e vídeos e instrumentos astronômicos. Esta prática foi desenvolvida no segundo semestre de 2015.

Na referida intervenção, também foram desenvolvidas as seguintes atividades: construção do relógio de Sol, construção do Astrolábio, demonstração das Leis de Kepler utilizando barbante, lápis e papel, deformação do espaço-tempo de Einstein com um pano de  $4 m^2$  estendido, abandonando cinco objetos de massa diferentes, com a finalidade de observar a abolação que cada corpo faz, proporcional à sua massa. Os alunos fizeram todas essas práticas sob minha orientação, como pesquisador.

Os conceitos de Astronomia foram expostos de maneira que os alunos percebessem a sua coexistência com as disciplinas de Física e de Matemática. Nessa prática, foi aplicado um questionário contendo 10 questões abertas. Os dados obtidos por esse questionário foram analisados sob o ponto de vista qualitativo, pois, de acordo com Baptista (2013, p. 83), “por meio de pesquisa de levantamento objetiva-se descrição, explicação e exploração do fenômeno proposto”. Corroborando com esta diretriz, Descartes declara que devemos observar os seguintes princípios:

A primeira regra estipulada é não aceitar nada como verdadeiro sem antes ter passado pelo crivo da razão. [...]. Segundo, tudo o que aparece como complexo deve ser dividido em tantas partes simples quanto possíveis, pois a razão, ao focar um problema perfeitamente delimitado, tem mais condições de resolvê-lo do que se encarar algo composto de várias maneiras. [...]. Terceiro, uma vez feito esse processo de simplificação, ele deve seguir um ordenamento, de modo que a remontagem para o composto ou complexo possa ser feita sem desvios, que prejudicariam a verdade almejada. [...]. Quarto, como esse procedimento pode ser retomado e repetido por qualquer um, ele deve dar lugar a tantas revisões quanto necessárias, de modo que as contribuições e objeções de todos possam ser levadas em consideração, pois ela é a condição mesma de estabelecimento a verdade (DESCARTES, 2011, p. 21-22).

Os quatro princípios de Descartes tornaram-se a base de qualquer método de investigação científica, aplicado a qualquer ciência que utiliza o método experimental, que necessite de um mecanismo de análise referente a um processo de generalização a partir de um conjunto de observações individuais. Nesse sentido, Torres et al. (2013, p. 281) afirmam que “[...] todo esse desenvolvimento científico de hoje tem suas raízes nas descobertas de cientistas como Kepler, Galileu e, principalmente, Newton, com sua lei da gravitação universal”. Mesmo utilizando matemática e misticismo para sua cosmologia, Kepler conseguiu um excelente modelo para o movimento planetário, que Newton estendeu a todos os corpos celestes.

Seguramente, foram dois modelos astronômicos que dividiram opiniões por muitos séculos. Atualmente, é tido como verdadeiro o modelo idealizado por Aristarco de Samos, em 300 a.C., e aperfeiçoado por Copérnico e Kepler, o Heliocentrismo. Ao focar a pesquisa nos modelos citados, pudemos oportunizar aos discentes os pontos-chave da discussão em torno da Gravitação Universal e da Geometria Cônica. Segundo Garbi (2010, p. 103), o “tratamento profundo, amplo e rigoroso das cônicas constitui uma das realizações máximas do espírito grego na Matemática e isso ficou mais evidenciado na segunda metade do século XVII, quando a Física e a Astronomia entraram na idade adulta”.

Ainda a esse respeito, Torres et al. (2013, p. 272) afirmam que “na região que envolve um astro, seja ele uma estrela, um planeta ou um satélite, dizemos existir um campo gravitacional, pois esses astros têm a capacidade de atrair corpos situados nas suas proximidades”. Nesse sentido, ao tratar de forma rigorosa e profunda o estudo de gravitação, estamos utilizando método científico, seguindo o modelo de origem do método científico.

### **3.2 Tipo de pesquisa**

A presente pesquisa caracteriza-se como qualitativa, pois, para Demo (2015), podemos considerar pesquisas qualitativas as que utilizam levantamentos feitos com questionários abertos, por meio de uma pesquisa de campo numa amostra. Ainda a este respeito, Demo (2015, p. 153) sugere que “para superar pelo menos um pouco o problema de meras perguntas, que podem estar facilmente desfocadas em sentido hermenêutico, o questionário aberto é certamente preferível; após essa etapa é mister categorizar o material”.

### 3.2.1 Caracterização da pesquisa quanto ao método de abordagem

O método empregado na pesquisa qualitativa foi o levantamento de dados por meio de um estudo de campo. Conforme Gonsalves (2011, p. 67), “denomina-se pesquisa de campo o tipo de pesquisa que pretende buscar a informação diretamente com a população pesquisada”. Corroborando com esse entendimento, Gil (2010, p. 53) afirma que “o estudo de campo procura muito mais o aprofundamento das questões propostas”.

Ainda a este respeito, Ruiz (2006, p. 138), diz que, “a rigor, reserva-se a palavra método para significar o traçado das etapas fundamentais da pesquisa, enquanto técnica significa os diversos procedimentos ou a utilização de diversos recursos peculiares a cada objeto de pesquisa, dentro das diversas etapas do método”. Sendo assim, os alunos responderam com base nos dados expostos no projeto de intervenção.

Nesse sentido, utilizei questões abertas, abordando conteúdo das disciplinas de Matemática e Física, por meio da Astronomia, com alunos de uma escola pública. Gonsalves (2011, p. 67) afirma que “a pesquisa de campo é aquela que exige do pesquisador um encontro mais direto com o pesquisado. Nesse caso, o pesquisador precisa ir ao espaço onde o fenômeno ocorre – ou ocorreu – e reunir um conjunto de informações a serem documentadas”.

Dessa forma, pude potencializar o foco da pesquisa, pois, de acordo com Triviños (2013), o foco de exame pode ser uma escola, uma comunidade ou um grupo. Não é a organização como um todo que interessa, senão uma parte dela. Seguindo essa orientação, desenvolvi o Projeto com apenas duas das quinze turmas da escola, com 52 alunos de um total de 550. O motivo da escolha é que os conteúdos abordados na prática pedagógica são trabalhados em Física e Matemática, respectivamente, no primeiro e terceiro ano do Ensino Médio.

A amostra foi composta por 27 alunos do primeiro ano e 25 alunos do terceiro ano do Ensino Médio. A abordagem foi realizada num período de cinco encontros, tendo cada encontro a duração de uma hora e meia, ao longo de três semanas. Somente o primeiro encontro com os alunos durou cinco horas, em virtude da prática de construção do Relógio de Sol.

### 3.2.2 Caracterização da pesquisa segundo os objetivos

A verificação da eficácia da prática pedagógica desenvolvida foi feita por meio da pesquisa qualitativa descritiva, utilizando os dados coletados no Questionário (Apêndice A). Apliquei o questionário para todos os alunos das duas turmas, mas só foram feitas análises de 10 questionários, escolhidos aleatoriamente entre os 52 alunos, com a finalidade de manter uma amostra a mais harmônica possível. A escolha se deu da seguinte maneira: dos 10, foram escolhidos 5 homens e 5 mulheres, sendo 3 homens e 3 mulheres do terceiro ano, e 2 mulheres e 2 homens do primeiro ano.

No entanto, as competências para lidar com o mundo físico não têm significado quando trabalhadas de forma isolada. Competências em Física para a vida se constroem em um presente contextualizado, em articulação com competências de outras áreas, impregnadas de outros conhecimentos. Elas passam a ganhar sentido somente quando colocadas lado a lado, e de forma integrada, com as demais competências desejadas para a realidade desses jovens. Em outras palavras, a realidade educacional e os projetos pedagógicos das escolas, que expressam os objetivos formativos mais amplos a serem alcançados, é que devem direcionar o trabalho de construção do conhecimento físico a ser empreendido (BRASIL, 2002, p. 59).

Nesse sentido, o questionário contempla questões que aproximam a Física e a Matemática da Astronomia, como podemos observar na Questão 5 (Apêndice A). Vale ressaltar que elaborar um questionário com esse direcionamento requer do pesquisador conhecer o campo de pesquisa para que o trabalho não se torne insignificante.

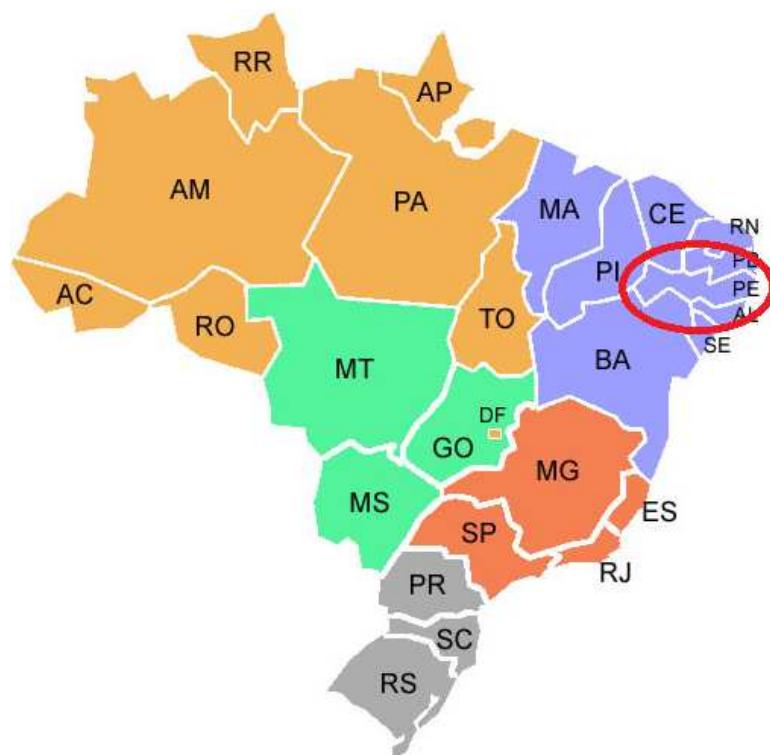
### 3.3 Delimitação da área de pesquisa

O campo de pesquisa foi uma Escola Pública Estadual de Petrolina/PE, conforme indicam os mapas (Figuras 1 e 2). A cidade de Petrolina/PE fica situada no submédio do Rio São Francisco. É a cidade de maior produção de frutas irrigadas do Brasil, com destaque para manga, goiaba e uva. Petrolina deixou de ser município de Santa Maria da Boa Vista no ano de 1895, pela lei estadual nº 130, de 28 de junho de 1895, passando a ser cidade. Um fato interessante é que antes de tornar-se cidade, Petrolina era apenas uma “passagem do Juazeiro”, pois os bandeirantes que vinham do Sudeste para o Nordeste, ao atravessar o Rio São Francisco da Bahia para Pernambuco, faziam um arranco no local que se transformou na cidade.

A irrigação, que é atualmente crucial para a existência da cidade, foi desenvolvida pelo Bispo Católico Dom Maria Malan, em meados do século XX. Este mesmo Bispo entrou para a história do município ao implantar importantes obras para que Petrolina se tornasse uma cidade polo no sertão. Podemos destacar, além da irrigação à qual ele deu início, a Diocese de Petrolina, o Colégio Diocesano Dom Bosco, o Colégio Salesiano Maria Auxiliadora e, para muitos, a grande obra de todas foi a construção da Catedral Sagrado Coração de Jesus, em arquitetura neogótica, cujo telhado visto de cima é uma cruz.

Segundo o censo do IBGE<sup>3</sup> 2010, a cidade tinha 293.962 habitantes, com uma projeção para ter 331.951 no ano de 2015, assim distribuídos: 74.772 na zona rural e 219.190 na zona urbana. A área da unidade territorial é de 4.561.872 km<sup>2</sup>, com densidade demográfica 64,44 hab/km<sup>2</sup>. De acordo com a Secretaria de Educação do Estado, existem 14.265 alunos matriculados no Ensino Médio nas Escolas Públicas do Município, o que corresponde a, aproximadamente, 5% da população do município.

Figura 1: Mapa do Brasil, com destaque para o Estado de Pernambuco, fora de escala.



Fonte: [http://www.institutodoimplante.com.br/mapa\\_estados.jpg](http://www.institutodoimplante.com.br/mapa_estados.jpg) Acessada em 20/04/2014.

3 População estimada 2014; Disponível em [www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=2611101](http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=2611101) Acessado em 28/08/2015.

Figura 2: Mapa do Estado de Pernambuco, destacando a cidade de Petrolina, fora de escala.



Figura 2 Fonte: <http://www.asspe.com.br/wp-content/uploads/2015/04/Pernambuco.jpg> Acessada em 13/06/2014.

Considerando as transformações pelas quais a cidade passou e ainda passa, surgem novas demandas no processo de ensino e de aprendizagem, cada vez mais exigentes no que diz respeito ao conhecimento e métodos para construí-las e reconstruí-las. A respeito disso, (DEMO, 2015) sugere que pesquisar requer aceitar a construção e a reconstrução do conhecimento, o que, muitas vezes, se torna difícil por causa de dogmas que estamos acostumados a seguir. Entretanto, o pesquisador precisa estar ciente de que a ciência é efêmera; a verdade de hoje, poderá não ser a do dia seguinte. Nesta perspectiva, o professor precisa ter espírito e convicção de que é apenas um sujeito responsável pela transformação do conhecimento prévio que o aluno traz consigo das situações vivenciadas no seio de sua cultura. Segundo (MORAN, 2012), a educação é a soma de todas as técnicas de comunicação entre o conhecimento e a cultura. Esta comunicação traz novas ideias ao conhecimento.

### 3.4 Coleta dos dados

A coleta dos dados se deu por meio de fotografias e de um questionário aberto, com 10 questões, respondido pelos alunos participantes deste estudo. Essas questões abordaram conteúdos da disciplina de Física: Mecânica Celeste; teorias astronômicas criadas pelos cientistas para explicar o movimento dos corpos celestes; e teoria da deformação do espaço-tempo; e de Matemática: Geometria Analítica; Elipses; relações trigonométricas para triângulos; e elipses para as leis de Kepler e suas correlações com os modelos para o Universo, desenvolvido ao longo da História da Ciência.

O questionário (Apêndice A) foi aplicado após a conclusão da Intervenção Pedagógica. Esse questionário continha questões adaptadas dos livros didáticos utilizados pelos professores da escola, assim como, questões elaboradas pelo pesquisador, utilizando a metodologia apresentada pelos PCNs, que orientam que “a Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitem perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos” (BRASIL, 2002, p. 59). A questão 5 contempla estes elementos. Dessa forma, as questões que compõem o questionário focam justamente uma concepção de conjunto, ou seja, questões em que os discentes conseguem perceber a correlação entre as disciplinas de Física, Matemática e Astronomia, tendo como foco principal a disciplina de Astronomia.

### **3.5 Análise e discussão dos dados**

De acordo com os dados coletados pela pesquisa experimental, os objetivos da pesquisa foram alcançados, pois as respostas apresentadas pelos participantes fazem referência à pertinência da prática desenvolvida pelo autor. As informações foram apresentadas aos discentes, que, por sua vez, corroboraram com o que encontramos em Brasil (2006), no sentido de que este tipo de atividade mune o educando de conhecimentos de Ciência, pois estimula uma postura de busca pelo conhecimento, de prosseguimento do aprendizado mesmo fora da escola – por iniciativa própria – e de discernimento para vislumbrar outras e novas possibilidades de aprendizagem.

Os dados coletados foram analisados do ponto de vista qualitativo, pois, de acordo com Lüdke (2014, p. 1-2), “para se realizar uma pesquisa é preciso promover o confronto entre os dados, as evidências, as informações coletadas sobre determinado assunto e o conhecimento teórico construído a respeito dele”. Com a finalidade de refinar as evidências apresentadas pelas respostas dadas às questões pelos participantes da Prática desenvolvida, foram criadas três categorias que investigam a contribuição docente na aquisição de conceitos e de práticas de Astronomia, utilizando instrumentos astronômicos e, por fim, a compreensão de Astronomia como conhecimento primário, responsável pelo surgimento de todas as áreas do saber. Estas categorias emergiram a posteriori, pois, ao concluir a intervenção pedagógica, percebemos que do questionário emergiam as três categorias.



Assim, esses dados podem nortear o Ensino de Astronomia, utilizando sua História e a construção de instrumentos astronômicos, nas escolas públicas do Sertão Pernambucano, contribuindo para uma visão conjunta dos conteúdos de Matemática e de Física, sempre que houver a possibilidade de inter-relacioná-las na Educação Básica. Conforme evidenciado pelo questionário, todas as questões relacionam essas duas disciplinas.

Quanto à análise dos resultados da pesquisa, o pesquisador tem liberdade de escolher o método. Na presente pesquisa, os questionários respondidos pelos alunos foram analisados à luz da Análise Textual Discursiva, pois, segundo Moraes:

Pesquisas qualitativas têm cada vez mais se utilizado de análises textuais. Seja partindo de textos já existentes, seja produzindo o material de análise a partir de entrevistas e observações, a pesquisa qualitativa pretende aprofundar a compreensão dos fenômenos que investiga a partir de uma análise rigorosa e criteriosa desse tipo de informação, isto é, não pretende testar hipóteses para comprová-las ou refutá-las ao final da pesquisa; a intenção é a compreensão (MORAES, 2003, p 191).

Uma resposta dada por um aluno, em qualquer situação, pode ser interpretada de diferentes modos, dependendo do pesquisador, pois toda resposta é polissêmica. Conforme Lüdke (2014, p. 58), “é preciso que o pesquisador vá além, ultrapasse a mera descrição, buscando realmente acrescentar algo à discussão já existente sobre o assunto focalizado”. Nesse caso, a contribuição poderá ser diferente, dependendo da interpretação do pesquisador.

## 4 PROJETO DE INTERVENÇÃO

*Que os planetas que circundam Júpiter gravitam em direção a Júpiter, os que circundam Saturno em direção a Saturno, os que circundam o Sol em direção ao Sol, sendo desviados dos movimentos retilíneos e mantidos em suas órbitas pela força de suas gravidades.*

*Isaac Newton*

### 4.1 Primeiro Encontro: Construção do Relógio de Sol e Astronomia Antiga

#### 4.1.1 Construção do Relógio de Sol

Para construir o relógio de Sol, do tipo gnomon, foi utilizado um bastão de 1 metro de comprimento, fincado a noventa graus no solo, seguindo o modelo proposto por Caniato (2011, p. 26), pois ele afirma que uma “maneira é espetar uma haste em um chão bastante horizontal. Ela deve estar rigorosamente no prumo, isto é, bem vertical”. Ao amarrar um cordão de 1,5 metro de comprimento, a cada hora dava-se uma volta completa em torno do bastão, formando um círculo de raio, com medida igual à distância da sombra que o topo do bastão projetava no chão até o pé da perpendicular da haste naquele momento. É notável que os dados obtidos numa prática desta natureza serão diferentes de outra, se as práticas forem executadas em meses diferentes. Segundo (FARIA, 1982), com o passar dos dias, a trajetória do Sol vai se modificando lentamente, afastando-se para o norte ou para ao sul. Sendo assim, o Sol nasce e se põe com um máximo e um mínimo.

**Material para construir esta atividade:**

- 1 Bastão de 1 metro;
- 1 Cordão de algodão medindo 1,5 metro;
- 1 Vareta medindo 30 centímetros;
- 1 Régua de madeira;
- 1 Folha de Papel A4;
- 1 Esquadro de 50 centímetros;
- 1 Lápis ou caneta;
- 1 Martelo.

**Como construir:**

**Primeiro passo:** Coloque o bastão na posição vertical e com o martelo bata em seu topo até que ele fique firme no solo; com o esquadro de 50 cm, ajuste de forma que o bastão fique a 90° com o solo.

**Segundo passo:** Amarre uma das extremidades do cordão na haste de forma que o cordão dê uma volta completa sem enroscar no bastão. Na outra extremidade, amarre a vareta de 30 cm para servir de marcador no solo.

**Terceiro passo:** Inicie a marcação exatamente às 13h (Foto 1) e a cada uma hora faça uma nova marcação (círculo) em torno do barbante, até às 18h.

**Quarto passo:** Faça a medida e a leitura das distâncias de cada círculo e compare com a posição aparente do Sol no decorrer da tarde.

Fotografia 1: Aluna fazendo a 1ª marcação



Fotografia 2: Após a 2ª marcação



Fonte o autor

## Reflexão acerca da prática desenvolvida

Com a aproximação do entardecer, a distância entre os círculos aumenta. De acordo com Bretones (2014, p. 407), a “atividade de construção de relógio de Sol, nas escolas, tem um grande potencial e pode motivar o aluno para o estudo de conteúdos de várias disciplinas, como História, Geografia, Ciências e Matemática”. Ainda, a respeito de atividades desta natureza, Snyders (1993, p. 27) afirma que o professor e a escola podem “[...] realmente ajudá-lo a progredir, exortando-o, primeiro, a despojar-se daquilo que o tenta a aprender”.

Com a prática, o pesquisador comprovou que os alunos ainda não tinham construído esse experimento no decorrer da vida escolar. Nesse sentido, foi gratificante poder oportunizar essa experiência aos educandos da Escola onde foi desenvolvida a pesquisa. Durante a execução da atividade, muitos alunos repensaram o modo como é feita a marcação do tempo, pois, para Pozo e Crespo (2009), na maioria das vezes, nas escolas, os alunos são motivados apenas a reproduzir o conhecimento, o que, felizmente, não aconteceu nesta prática, na qual os participantes puderam perceber a eclíptica da Terra, pois as distâncias entre uma marcação e outra não foram constantes.

Ao serem questionados sobre qual fenômeno justificaria as irregularidades das distâncias entre uma marcação e outra, de imediato, um aluno levantou a seguinte hipótese: *“É porque os círculos eram diferentes em virtude da órbita da terra ser um círculo achatado”* – elíptica. Outro afirmou que não era por isso, mas, sim, porque o *“eixo da Terra não é reto”*. Os demais alunos afirmaram que a hipótese do primeiro aluno estava correta. Então, foi feita a explicação dos conceitos astronômicos que envolvem esse fenômeno, que acontece em virtude da inclinação do eixo da Terra.

Dessa forma, os alunos foram instruídos a conjecturar e, após orientação, construíram o conhecimento a respeito do fenômeno. Segundo Steinbruch e Winterle (1987), “a excentricidade é um número dado por  $e = \frac{c}{a}$ ”, onde  $a$  é o semieixo maior da elipse e  $c$  é a sem distância focal da elipse. No caso para o planeta Terra, temos que a sua excêntrica é dada por  $e = \frac{4,5}{244,5} \cong 0,00184$ . Ou seja, praticamente zero. Portanto, é impossível perceber esta excentricidade sem o uso de instrumento astronômico com uma precisão de pelo menos com um centésimo de milésimo. O experimento com o relógio de Sol não fornece esta precisão.

A respeito desse tipo de atividade, Langhi e Nardi (2012, p. 152) afirmam que as “atividades práticas com ênfases em demonstrações abertas consistem num ponto de partida para a discussão sobre os fenômenos abordados, com a possibilidade de exploração mais profunda do tema estudado, levantando hipóteses e incentivando-se a reflexão crítica”. Corroborando com esse pensamento, Caniato (2011, p. 21) lembra que “a eclíptica é o caminho aparente do Sol pela esfera celeste no decorrer do ano e pontos em que ela e o Equador se encontram são chamados *pontos equinociais* ou *equinócios*”. Seguindo esses preceitos, elaborou-se e desenvolveu-se a presente atividade de investigação.

A sombra do bastão foi utilizada para medir o tempo. Essa medição era feita pelos homens primitivos devido ao crescimento da sombra até o meio-dia e ao decréscimo na medida em que o dia se exauria. Então, um aluno levantou o seguinte questionamento: “*nesse caso, o homem pré-histórico marcava o tempo assim*”. O professor complementa a arguição do discente dizendo que este instrumento foi o primeiro “relógio” descoberto pelo homem. Essa atividade propiciou a percepção do aumento da sombra e também da variação do ângulo entre uma marcação e outra. O objetivo dessa prática foi evidenciar a variação da distância entre cada círculo, relacionando-a ao movimento que o Planeta Terra faz, como, também, evidenciar a variação angular. Os discentes também puderam perceber que o eixo da Terra é ligeiramente inclinado, pois a distância entre uma marcação e outra não se repetiu no decorrer da tarde.

Buscou-se abordar, também, a relação dessa sombra com a evolução da Matemática. Para que o homem pudesse desenvolver e fazer uso das tecnologias atuais em previsões de cheias dos rios e das marés altas e baixas, entre outros fenômenos, utilizou os dados observados no decorrer dos anos. De acordo com Caniato (2013), o aprendizado é um aspecto da necessidade humana, herdado no decorrer do desenvolvimento das culturas. Portanto, podemos observar que esses acontecimentos estão intrinsecamente ligados à posição da inclinação do eixo da Terra, tomando o Sol, ou o polo Sul celeste, como referencial.

Essa atividade teve duração de 5 horas, iniciando às 13h. A cada hora, um grupo de três alunos fazia a marcação da sombra que a vareta projetava naquele momento. Ao término da atividade, tínhamos seis círculos, pois, entre um círculo e outro, era computada uma hora. Como a cada hora tínhamos que sair para fazer a medição da sombra do relógio de Sol, foi consensual que, a cada hora, iria um grupo de três alunos. Sempre que era feita a marcação, eles retornavam à sala e já informavam que “*as distâncias não estavam ficando iguais*”.

#### 4.1.2 Astronomia Antiga

A Astronomia Antiga foi abordada numa aula com slides e vídeos. Iniciei a aula com a exposição da teoria do surgimento do Universo, passando pelo aparecimento do homem na pré-história; em seguida, abordei os povos que habitaram a Mesopotâmia e a criação da Astronomia pelos sumerianos e babilônicos.

De acordo com Mol (2013, p. 16), “considerada o berço da civilização, a Mesopotâmia compreende um conjunto de povos que viveram nos vales dos rios Tigres e Eufrates, no que hoje corresponde ao território do Iraque e regiões adjacentes da Síria, Turquia e Irã”. Ainda, de acordo com Mol (2013), essa civilização habitou essas terras num período que se estende aproximadamente do ano 3500 a.C. até o começo da era cristã.

Os registros arqueológicos apontam que essas civilizações foram as criadoras da escrita cuneiforme, pois os símbolos são em forma de cunha. Aos mesopotâmicos também é atribuído o título de “Pais da Astronomia”, além de serem os criadores da roda, das carruagens, entre outras tecnologias. Brasil (1998, p. 35) destaca que “o fascínio pelos fenômenos celestes levaram os seres humanos a especular e a desenvolver ideias astronômicas desde a mais distante Antiguidade”. Faria (1982) acredita que os registros que nos chegaram datam de um período entre 3.500 a 6.000 anos a.C.. Também foi feita a distinção entre os sumerianos e os acádios, que, geralmente, são confundidos, mas, na verdade, os primeiros são muito mais antigos. Só depois que o seu território foi invadido pelos Semitas, tornaram-se acádios.

Para Langhi (2004, p. 16), “com o intuito de proporcionar uma base para a compreensão do estado atual do ensino da Astronomia e do que se tem realizado desde os primórdios, fornece-se um panorama como fonte de informações preliminares sobre esse tema e seu ensino no Brasil”. Seguindo essa ideia, ao iniciar a abordagem do contexto histórico da Astronomia, os alunos ficaram deslumbrados com as informações elucidadas, pois muitos deles afirmaram que sempre tiveram interesse nesse conhecimento – a origem de tudo. Mas, infelizmente, nas suas vivências escolares, muitas vezes, os conteúdos não são abordados, e, quando são, segundo (LONGHINI, 2014), é feito de maneira equivocada: as representações dos modelos do sistema solar em duas dimensões, o que, na verdade, não retrata bem a realidade, já que são tridimensionais.

Durante a exposição, um participante questionou “*por que esse conteúdo não era ensinado na escola*”. Respondi que há grande diversidade de conteúdos teóricos das disciplinas científicas, como a Física, a Matemática, a Astronomia, bem como, os conhecimentos tecnológicos, que devem ser considerados pelo projeto político-pedagógico da escola, bem como, o professor deve contemplá-los em seu planejamento (BRASIL,1997). No entanto, nas legislações vigentes, os conteúdos a serem abordados pela Escola são os mesmos abordados pelo pesquisador; porém, fica a critério da Escola e do professor escolher a maneira e os tópicos a serem apresentados aos alunos: se serão trabalhados num conjunto de disciplinas – com mais de uma perspectiva – ou se cada disciplina abordará um tópico – como normalmente é feito.

Um fato marcante deste encontro foi quando os alunos, ao serem questionados sobre as pinturas rupestres e sua finalidade, trinta e dois participantes afirmaram que estas eram tanto para registrar os acontecimentos pertinentes àquele grupo de pessoas, como para marcar o aparecimento de certas constelações e as luas (tempo).

Durante a aula foram feitos os seguintes questionamentos aos alunos:

É verdade que o homem surgiu do macaco? Quatorze alunos responderam que não. Para justificar a resposta, nove afirmaram que “*Deus criou cada animal e o homem no sexto dia*” e cinco concluíram que “*essa história é mentira, pois Deus fez o homem a sua imagem e semelhança*”. Já vinte e seis afirmaram que “*uma espécie de macaco evoluiu e tornou-se humano e outra espécie não evoluiu, mas não acredito nisto*”. Então, o pesquisador informou que, segundo a teoria da evolução de Darwin, os macacos e o homem tem um ancestral em comum. Os demais participantes não se arriscaram a responder.

É verdade que se o Sol se apagar, a vida na Terra desaparece? Trinta e seis discentes afirmaram que “*é verdade*”, mas não souberam justificar o motivo. Os demais não quiseram responder. Expliquei, então, que o Sol é uma estrela composta, principalmente, por hidrogênio e hélio. Por meio da queima desses dois elementos, é gerada toda a tabela periódica, que estudamos na disciplina de Química. Também se explica que a vida no planeta Terra é composta, principalmente, por carbono, que é naturalmente gerado pelo Sol; logo, a vida na Terra depende essencialmente do Sol. E, como os homens, animais e vegetais e os micro-organismos são seres vivos, eles dependem diretamente da “luz” do Sol para existirem.

Por que o homem surgiu nas margens dos rios? Seis alunos responderam que *“é porque eles precisam de água para beber”*; onze alunos responderam que é *“para poder pescar”*; dois responderam que *“é mais fácil plantar”*. Eles foram informados de que o surgimento do homem nas margens dos rios se deve, principalmente, à abundância de comida que se encontra nesses locais, seja caça, pesca ou frutos de árvores. À vista disso, uma aluna disse: *“por isso que se fala tanto em proteger o rio São Francisco, pois sem ele não há vida, as cidades que dependem do rio vão deixar de existir se ele secar”*. Complementando a informação da aluna foi feita a analogia com a cidade de Petrolina/PE, que produz frutas, com água irrigada do rio.

Para que foi criado o Stonehenge? Para surpresa do pesquisador, os participantes não sabiam o significado desta palavra, ou seja, eles não responderam, pois não conheciam este instrumento. Então, eles foram informados sobre as conjecturas que foram levantadas sobre a real utilidade deste instrumento pelo homem primitivo. Então, emergiram as seguintes hipóteses: *“é um local para adoração dos deuses”*; *“é um aeroporto de disco voador”*; *“é um templo religioso sem cobertura”*. Eles foram informados de que, atualmente, há um consenso que o Stonehenge serviu como observatório do Sol e da Lua, ou seja, era uma espécie de relógio astronômico, pois sua avenida principal fica iluminada no primeiro dia do verão, desde o nascer ao pôr do Sol.

A respeito das dificuldades dos alunos em responderem corretamente a perguntas sobre conhecimentos ligados a Astronomia, Barrio (2010, p.175) afirma que *“a dificuldade de aprendizagem enfrentada pelas pessoas em geral e pelo aluno de Astronomia em particular vem determinada pela forma como organizam seu pensamento com base em suas próprias teorias sobre o mundo ao seu redor”*, ou seja, as concepções que os alunos têm do universo não estão sendo transformadas pela escola. É como se as aulas de ciências tratassem de temas que os alunos desconhecem e, pior, mesmo após as aulas, eles continuam sem conhecer os verdadeiros fenômenos celestes responsáveis pela existência da vida na Terra.

Este encontro demonstrou que nossos alunos não estão sendo suficientemente instigados a perceber a correlação direta entre as disciplinas de Física e de Matemática e, muito menos, dessas duas, com a Astronomia. No entanto, essa maneira de abordar os conteúdos revela que os alunos conseguem compreender o conjunto de saberes presentes na História da Astronomia e a relação direta com as disciplinas escolares. Este encontro teve duração de 1h30min, horário cedido pela professora de Física e de Matemática no turno da tarde.



## 4.2 Segundo Encontro: Contexto Histórico do Geocentrismo e Construção do Astrolábio

### 4.2.1 Contexto Histórico do Geocentrismo

O contexto histórico do Geocentrismo foi abordado por meio de uma aula dialogada, com a utilização de slides e vídeos. Iniciei a exposição com a História da Ciência vivenciada na Grécia Antiga, por volta do século V a.C., à luz do pensamento de Tales, que era um mercador de iguarias. Sua rota de comércio se estendia da Grécia até o Egito, percorrendo todas as cidades do Mar Egeu (Cyrino, 2006). Em uma dessas viagens, descobriu no Egito uma bela geometria praticada na construção de pirâmides, nos templos e na partilha de terras. Ao retornar para a Grécia, passou a ocupar-se da ciência, utilizando o conhecimento egípcio.

Porque a ciência grega da época chamada clássica, do século VII ao III a.C., não surge bruscamente do nada. É herdeira das civilizações micênica e dória, que tinham uns tempos, dominado o país. E como os regimes gregos da Antiguidade foram regimes de comerciantes e colonizadores, ela é herdeira, sobretudo, da experiência das suas congêneres, egípcia, mesopotâmica, até mesmo hindu. É preciso, porém, reconhecer, sem ocidentalismo injustificado, que a Grécia Antiga, no domínio científico, deu um novo impulso, tentou uma compreensão racional do mundo material no limite das possibilidades da época (ROSMORDUC, 1983, p. 21).

Tales, observando o âmbar de uma resina expelida pelas plantas ao ter sua casca perfurada por insetos, viu que essa resina serve de proteção para os vegetais contra bactérias e insetos. Dessa observação, ele percebeu que, ao aproximar o âmbar de pequenas folhas, os dois se atraíam, dando, com esse fato, início ao estudo da eletricidade estática. Pires (2011, p. 15) declara que “ele procurou entender a natureza sem invocar os deuses”, dando assim início à filosofia grega, a qual formulou as leis do Universo, sem a intervenção dos deuses.

Após essa exposição da história da ciência, os alunos ficaram surpresos, pois, de acordo com os seus conhecimentos, a eletricidade tinha sido descoberta por Benjamin Franklin, no século XVII. Questionei, então, se eles acreditavam que era possível fazer uma “nova descoberta” ou se estamos aperfeiçoando as técnicas existentes desde da pré-história? A resposta foi imediata: *“claro que não tudo que tem hoje é porque estuda as coisas do passado”*. Após essa resposta, questionei novamente: como então vocês acreditavam que foi Benjamin Franklin quem descobriu a eletricidade? *“É que na escola não precisa saber dessas coisas e nas provas nós só fazemos contas de eletricidade não é ensinado de onde vem às coisas”*.

Através dessas respostas, percebi que os discentes não tinham tido acesso a informações tão detalhadas e sequenciais das contribuições de Tales de Mileto para a ciência, numa época em que o conhecimento religioso era superior ao conhecimento científico. A respeito das divergências apresentadas pelos alunos, Saviani (1998, p. 64) argumenta que:

“[...] por conceber o conhecimento como resultado da interação sujeito-objeto, culminando num dado momento, em operações dedutivas que não evoluem num sentido pré-determinado, mas que se constroem progressivamente. Nesta perspectiva, as estruturas do conhecimento não são dadas de antemão, elas se desenvolvem; não se fecham em si mesmas, mas “concluem-se” ao final de um longo processo genético, ao mesmo tempo individual e social, com a consequente “Abertura” para o conhecimento científico”.

Todos os alunos, ao serem informados de que o conhecimento é fruto da troca de experiência e de interação entre povos, afirmaram que as aulas deveriam ser trabalhadas com essa metodologia, através da qual os conteúdos são abordados de forma lógica, com início meio e fim, pois assim entenderiam de onde vêm as fórmulas matemáticas e por que é importante saber como surgem os fenômenos.

Posteriormente, para justificar o modelo Geocêntrico, abordei as concepções de Aristóteles, segundo o qual o Planeta Terra estaria no Centro do Universo e se encontraria estacionado, com os demais corpos celestes girando ao seu redor (FARIA, 1982). Com espanto, os discentes conheceram um Aristóteles que formulou leis inválidas; eles só conheciam a versão do grande sábio da Filosofia.

Outra definição falha de Aristóteles é a da existência de somente 4 elementos no Universo, como podemos ver em Ponczek (2002, p. 63):

Os quatro elementos terrestres, fogo, ar, água e terra, devem-se deslocar verticalmente para ocupar seus lugares naturais, obedecendo uma ordem. Assim, o elemento terra deverá sempre deslocar-se para baixo, pois é o mais pesado (grave) de todos, enquanto que o fogo sempre erguer-se-á acima de todos os outros elementos. O ar ficará abaixo, apenas, do fogo e a água acima, apenas, da terra. Se abandonarmos, portanto, uma pedra, ela cairá através do ar e afundará, mais lentamente, dentro da água, buscando seu lugar natural.

Mas, para a época, já era um grande avanço, pois o homem percebia o que é essencial à sua existência. Outro modelo errôneo de Aristóteles, segundo Ponczek (2002, p. 64): “Na Mecânica aristotélica, um corpo só pode ter um único movimento de cada vez, de forma que um projétil que seja arremessado obliquamente terá uma trajetória retilínea ascendente até que a ação inicial se esgote, quando em seguida o corpo cairá verticalmente”. Neste caso, a figura da trajetória descrita pelo projétil é um triângulo retângulo, mas sabemos, sem precisar ser um cientista, que a trajetória desse lançamento é uma parábola.

Nesse mesmo período, um jovem cientista, de nome Aristarco de Samos, que viveu por volta do século IV ou III a.C., defendeu que o Sol era o Centro do Universo (CANIATO, 2013). Sua teoria, porém, não foi aceita em virtude dos argumentos lógicos de Aristóteles. Alguns alunos então perguntaram qual era a condição para que um argumento fosse aceito e outro não, perante a Ciência. Então, perguntamos: atualmente, como é que se prova que uma nova vacina é eficaz contra uma determinada doença? A resposta foi imediata. Uma aluna disse: *“testando em animais de laboratório, e quando ela funciona faz teste nos humanos para poder distribuir para todos”*. Neste caso, a técnica científica precisa ser cuidadosamente verificada, testada, para poder ser validada a sua eficácia, como posto pela aluna no caso do medicamento.

Para corroborar com a arguição da participante, foi informado que o procedimento no tempo de Aristarco era o mesmo, exceto, pelo valor religioso, já que alguns fenômenos só pertenciam aos deuses, ou seja, não havia explicação científica – só a interpretação divina lhe daria a resposta. Mas, hoje, só precisamos comprovar as hipóteses, ou seja, provar que seus argumentos não têm falhas. Ainda houve indagação sobre quais seriam os argumentos lógicos que Aristarco não soube responder. Comentei, então, que esse pensamento para a época era muito ousado e Aristarco foi acusado de insulto religioso. Relatei o mito da caverna de Platão, ou seja, o homem tem medo da verdade, pois essa verdade pode trazer não somente algo bom, mas pode, também, trazer algo muito ruim, uma vez que algumas técnicas descobertas pela ciência foram utilizadas em favor da dominação entre os povos.

Em seguida, abordei a História de Erastóstenes, que mediu o Raio da terra apenas com a informação de que havia sombra em Alexandria e não havia sombra em Siena num dia de verão. Os alunos ficaram deslumbrados com essa informação e afirmaram que agora sabem por que é importante estudar relação métrica nos triângulos retângulos, bem como, sempre questionar a verdade, já que ela parece não ser absoluta.

Para confrontar a ideia de Aristarco e reforçar a de Aristóteles (RONAN, 2001), no século II d.C., o Astrônomo Claudio Ptolomeu criou o modelo Geocêntrico – teoria que reforçava inteiramente a ideia de Aristóteles, segundo o qual a Terra se encontrava no Centro do Universo. Segundo Ptolomeu, a Lua, Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter, Saturno e o Sol giravam ao redor do Planeta Terra, nessa ordem, e cada planeta girava ao longo de um pequeno círculo, que chamou de epiciclo. Esses epiciclos foram criados por ele para justificar a impressão de que Marte se move para frente e para trás.

Assim, cada planeta teria um epíclito próprio, e o centro de cada epíclito se moveria num ciclo maior, o qual ficaria um pouco afastado da Terra. Para Gadamer (2011), precisamos fazer profundas mudanças espirituais para podermos nos tornar contemporâneos. Nesse sentido, um aluno questionou se tais divergências entre esses cientistas *“não seria porque a ciência não era muito evoluída na época e também estaria ligado a determinação que os sábios eram os sacerdotes dos reis e que tudo que eles falavam era verdade inquestionável”*. Ao ouvir essa ideia, questionei o embasamento de tal informação. Ele respondeu: *“em virtude da Igreja Católica saber que o centro do universo era o sol, mas continuava mentindo para o povo e matavam quem fala o contrário, como Galileu foi morto”*.

Isto posto, complementei a informação do aluno sobre o tema, afirmando que atualmente os cientistas ainda divergem, pois, o conhecimento não está pronto e acabado; ele está em constante mudança. No entanto, do século II d.C. até o século XVI d.C. – Idade Média – acreditou-se no Sistema Geocêntrico. Não apenas os estudiosos, mas, também, a Igreja Católica, pois o homem era a criação mais importante de Deus e estaria no centro de tudo. Este momento teve por objetivo apresentar a filosofia que levou os cientistas a formularem o modelo geocêntrico.

#### **4.2.2 Construção do Astrolábio**

A presente prática foi desenvolvida pelos alunos sob a orientação do pesquisador, utilizando as considerações de Demo (2007), a respeito deste tipo de atividade.

##### **Material para confecção do Astrolábio**

- 1 Desenho do transferidor graduado de 5° em 5° impresso em papel A4 (Apêndice B);
- 1 Barbante medindo 20 centímetros;
- 1 Arruela de 10 milímetro de raio interno;
- 1 Tesoura escolar;
- 1 Cola para papel;
- 1 Canudo (de suco) de raio interno 5 milímetros;
- 1 Lápis para colorir.
- 1 Palito de dente

## Como construir

**Primeiro passo:** Recortar o papel com a tesoura no local indicado.

**Segundo passo:** Colar o canudo interno ao desenho, no local indicado.

**Terceiro passo:** Colar o desenho de 180° a fim de torná-lo 90°.

**Quarto passo:** Cortar a sobre saliência do canudo.

**Quinto passo:** Furar o local indicado com um palito de dente.

**Sexto passo:** Passar o barbante pelo orifício feito com o palito de dente e amarrar o barbante.

**Sétimo passo:** Na outra extremidade, amarrar a arruela de modo que a mesma fique logo abaixo da parte parabólica do desenho.

**Oitavo passo:** Descobrir qual o lado do Astrolábio que deve ser utilizado para fazer a observação de um corpo que esteja acima do seu horizonte e para fazer a observação de um corpo que esteja abaixo do seu horizonte.

Descrição da atividade: com um desenho de 180° impresso numa folha de papel A4, graduados em ângulos, os alunos fizeram o que é considerado o primeiro instrumento tecnológico utilizado pelo homem, para estudar as estrelas e auxiliar nas navegações nos mares, assim como, para se locomover à noite, guiado pelas estrelas. O objetivo desta prática foi apresentar aos discentes como o homem localizava-se no Planeta Terra, utilizando os astros celestes e o astrolábio, pois, ao apontar o astrolábio para um astro, temos um ângulo  $\theta$  entre o observador, um referencial na superfície da Terra e o astro. A figura geométrica que representa esta observação sempre será um triângulo.

Fotografia 3: Alunos construindo o Astrolábio



Fonte: o autor

Fotografia 4: Alunos fazendo observação da altura de um pilar



Fonte: o autor

Ao utilizarmos as tabelas trigonométricas de Hiparco e as relações métricas no triângulo, é possível determinar a distância requerida, pois, à medida que o observador se locomove na superfície da Terra, o ângulo  $\theta$  varia, mas sempre estará formando um triângulo entre o astro, o referencial e o observador. Após concluir a confecção do astrolábio, utilizamo-lo para medir a altura do poste da escola, usando apenas a tabela trigonométrica e o astrolábio, tomando um ponto – situado no pé da perpendicular – distante  $y$  metros do poste da escola.

Esse momento foi de suma importância para o projeto de intervenção, pois os alunos levantaram muitos questionamentos sobre a construção e a utilidade de tal instrumento e a veracidade dos dados colhidos pelo mesmo. No processo de construção do astrolábio, a maioria dos discentes recortou, colou e afixou o barbante e a arruela da maneira certa. Sendo assim, ao concluir a confecção do astrolábio, vieram perguntas como: *“qual é o lado certo para se observar?”*; *“É para olhar por dentro ou por fora do canudo?”*; *“Para que serve a arruela pendurada?”*; *“Isso funciona mesmo?”* Em seguida, foram expostas algumas informações sobre a navegação marítima e a caminhada à noite, com céu estrelado. Fomos para fora da sala e os alunos foram orientados a observar a altura de um poste que havia na escola.

Então, foram informados que, ao pôr uma lente no Astrolábio, teriam um telescópio. Assim, eles puderam ver como os objetos astronômicos atuais, a exemplo do Telescópio Espacial Hubble, surgiram de uma simples tecnologia. Os alunos ficaram perplexos com a precisão do Astrolábio em medir a altura do poste da escola utilizando apenas a tangente do ângulo  $\theta$  e a distância entre o aluno e o pé da perpendicular ao poste. Pois, ao conferir os dados dessa prática com a altura real do poste, o erro fornecido pelos dados obtidos pelo Astrolábio é inferior a 1%. Uma aluna questionou: *“esse erro é porque a tangente não é exata, é aproximada e não foram usadas todas as casas decimais”*. Foi confirmado aos participantes, que esse era o principal fator para o erro, mas que poderia haver outros. Um pequeno erro na construção do Astrolábio poderia também ocasionar uma imprecisão nos dados colhidos.

Mesmo sendo a primeira vez que os alunos construíram este instrumento e alguns avanços nas etapas por parte de alguns participantes, após algumas considerações feitas pelo autor sobre a confecção do Astrolábio, todos os participantes conseguiram construí-lo, alguns com pequenos erros, como, por exemplo, colocaram o barbante no local errado, mas esse tipo de erro é simples e pertinente ao processo de construção. Este encontro durou 1h30min, horário cedido pelas professoras de Física e de Matemática, no turno da tarde.

### 4.3 Terceiro Encontro: Contexto Histórico do Heliocentrismo, As Leis de Kepler, a deformação do espaço-tempo de Einstein.

#### 4.3.1 Contexto Histórico do Heliocentrismo

Seguindo na contextualização histórica da teoria astronômica do Heliocentrismo, foi explicado que Copérnico, ao retomar os estudos dos antigos gregos, principalmente de Aristarco, pôde demonstrar cientificamente que o Sol era o Centro do Universo e não o Planeta Terra como se acreditava desde Aristóteles. Então, uma aluna questionou: *“Então os cientistas não sabem de tudo? Eles também erram?”*. Ela foi informada que sim, ou seja, a verdade para a ciência é passageira, e os cientistas estão sempre pesquisando se a verdade de hoje continua atual ou precisa ser reformulada. Então, outro aluno fez a seguinte ponderação *“Neste caso não há uma pessoa que sabe de tudo, por mais que ele estude sempre irá falta algo para aprender”*.

Desta forma, os participantes conseguiram compreender que a Ciência não está pronta e acabada; ela precisa da contribuição de todos que a fazem, seja aluno, seja professor. Neste momento do projeto, foi abordada a filosofia dos astrônomos que defendia um conceito diferente do estabelecido por Ptolomeu, para o Universo. Foram enfocados os séculos XVI, XVII e XVIII, isto é, a ascendência do Modelo Heliocêntrico. Do mesmo modo, foram feitas pontes com os argumentos de Aristarco de Samos, que apresentou, pela primeira vez, no século III a.C., o Sol como Centro do Universo, ou seja, 800 anos antes de ser aceito pela comunidade científica, no século XVI. Vale ressaltar que o modelo heliocêntrico de Aristarco acreditava que o movimento dos planetas ao redor do Sol era feito em órbitas circulares.

Como os alunos já tinham vivenciado informações nos encontros anteriores, foi perceptível que eles conjecturavam de forma mais precisa e com mais cuidado. De acordo com Demo (2007, p.25), *“a reconstrução do conhecimento implica processo complexo e sempre recorrente, que começa naturalmente pelo uso do senso comum. Conhecemos a partir do conhecido. Compreendemos um texto a partir do contexto”*. Ou seja, os alunos analisavam as informações com mais cuidado antes de responder às indagações que iam surgindo no decorrer da exposição das ideias de cada cientista. Não há pessoas incultas, todos nós temos uma identidade cultural e histórica, que utilizamos com ênfases numa linguagem própria.

Durante o encontro os participantes foram questionados sobre: Quem é o centro do Universo?

Logo, dezessete alunos levantaram a mão e responderam “*É o Sol*”. Quando questionados a justificar a afirmação, dos dezessete, nove responderam que “*É porque o Sol é maior que a terra*”. Dos dez alunos, um disse que “*A terra gira em torno do Sol, pois ele tem mais gravidade*”. Após essas ponderações, vinte e três afirmaram que “*O Sol é o centro do universo, pois eu vi em um livro e ele estar parado e a terra gira em torno dele*”. Diante destas afirmações, o pesquisador complementou as informações dadas à pergunta da seguinte maneira: Para o sistema geocêntrico, o Planeta Terra era o centro do Universo; para o sistema heliocêntrico, o Sol é o centro do Universo. Mas, com os avanços do estudo sobre o tema, os cientistas descobriram que o Universo não tem centro; o Sol é o “centro” – um foco da elipse do sistema solar; o Sol nunca está no mesmo lugar no Universo, acredita-se que isto ocorre em função da expansão do Universo, que não tem centro.

Outro questionamento feito: As leis que regem a Natureza do Universo – fórmulas da física, já foram comprovadas na prática? Quem as comprovou?

Neste momento, houve silêncio! Então, exemplifiquei a pergunta. Mesmo assim, os alunos não responderam; apenas um participante disse: “*Einstein*”. Ele foi questionado sobre o que Einstein fez? O discente disse: “ele – Einstein, demonstrou o *emc* quadrado”. Ao ser questionado sobre o que essas letras representavam, o aluno não soube explicar com nitidez o que representa cada letra da fórmula, ou sua utilidade na vida do homem. Entretanto, o pesquisador fez as ponderações a respeito do tema e suas implicações na vida do homem, a exemplo, da energia nuclear. Neste momento da discussão, o investigador elucidou que toda a teoria está apoiada na fórmula  $E = mc^2$ , assim como os respectivos impactos na vida do homem, após a sua formulação, na primeira década do século XX.

Um fato que chamou a atenção do pesquisador foi o momento da apresentação do modelo de Tycho Brahe para o sistema solar. Alguns alunos questionaram “*por que ele sentiu necessidade de unir o modelo geocêntrico com o heliocêntrico*”. Nesse caso, eles foram informados de que foi devido ao movimento aparentemente retrógrado que Marte fazia. Tycho, ao fazer a junção dos dois modelos, conseguiu explicar por que Marte faz esse movimento. Durante o encontro, foi possível perceber que os participantes relacionavam o Heliocentrismo a Galileu e a Newton, pois os demais cientistas não eram da vivência dos mesmos.

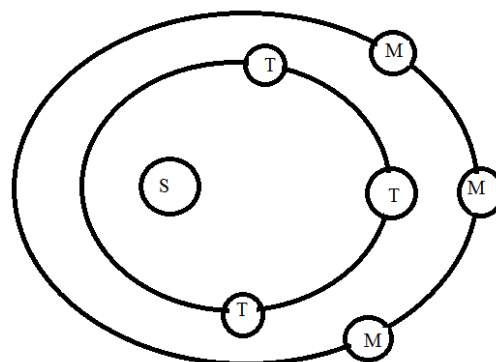


### 4.3.2 Tema: As Leis de Kepler

No segundo momento, foi mostrado como Johannes Kepler teria chegado à sua segunda lei. Dividimos a elipse em 12 partes não iguais, ou seja, de acordo com Kepler, citado por Ponczek (2002, p. 80): “*A linha que liga o Sol aos planetas varre áreas iguais em tempos iguais*”. Para que isso seja possível, o planeta precisa aumentar sua velocidade de translação ao se aproximar do Sol para compensar a área, já que ela se tornaria menor, como mostra a Figura 03. Como foi exposto na descrição do relógio de Sol, podemos notar essa velocidade se marcarmos um ponto fixo no céu e o observamos todos os dias do ano. Se construirmos uma tabela, veremos que os valores serão diferentes entre si.

Durante essa atividade, os alunos foram orientados a conjecturar se um habitante da Terra, olhando para a Lua durante um ano inteiro, veria toda a sua superfície. Todos os alunos responderam que era possível. Porém, eles ficaram surpresos quando informei que, do Planeta Terra, só é possível ver uma face da Lua, mesmo ela fazendo o movimento de rotação em torno do seu eixo. Ou seja, sempre que olhamos para ela, visualizamos a mesma superfície. Outro momento que chamou a atenção foi quando se informou que o Sol se apagará – morrerá. Eles ficaram muito preocupados com essa informação, mas os tranquilizei quanto à data dessa morte, que será daqui a, aproximadamente, 5 bilhões de anos.

Figura 03: Modelo (Fora de Escala) Modelo do movimento dos planetas Terra e Marte que, ao se aproximarem e se afastarem do Sol, dá a impressão de que Marte anda para trás.

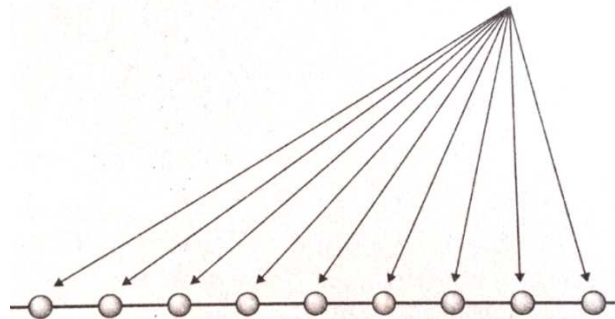


Fonte: O autor.

Com a finalidade de contribuir com ludicidade da 2ª lei de Kepler, foi apresentada a Figura 4, e feito um debate a respeito do desenho sobre as áreas dos triângulos: Base e Altura. Apenas um aluno teve o entusiasmo de levantar a seguinte hipótese: “*todos tem áreas iguais*”. O participante foi interpelado a justificar seu argumento, porém ele não o justificou com nitidez.

Neste momento, foi exposto que a altura dos triângulos era igual, o que podemos justificar pelo teorema do paralelismo de duas retas. Após está explanação, 13 alunos concordaram que *“é verdade pois não tinha visto um triângulo com a altura troncha”*. Nesse sentido, foram tecidas informações sobre a utilização de desenho, como a Figura 5, para compreendermos de forma lúdica os conteúdos de Astronomia. Estamos, na verdade, utilizando geometria plana e analogias com as leis que regem os corpos celestes, área de “triângulos” e suas correlações com os conteúdos de Astronomia.

Figura 4: Utilizada para ilustrar a 2ª Lei de Kepler, utilizando triângulos com bases e alturas equipolentes, ou seja, áreas iguais. Porém, aparentemente, as alturas são diferentes.



Fonte: Caniato 2011 adaptado.

Continuando a discussão, como os pontos estão igualmente espaçados e a distância de cada ponto ao vértice é a mesma, podemos concluir que as áreas desses triângulos são iguais. Esta é uma boa ilustração da Lei das áreas de Kepler. Os participantes ficaram deslumbrados com a analogia e com a forma simples de compreender a 2ª Lei de Kepler. Então uma aluna disse que *“com esse exemplo fica melhor entender a Lei das áreas, mas é tão simples a demonstração”*. Eles foram questionados se teriam entendido como um cientista chega a demonstrar uma fórmula inacessível. 49 alunos afirmaram *“Agora entendo porque precisamos estudar trigonometria e como os cientistas utilizam a matemática para estudar física”*.

Questionados novamente sobre o modelo idealizado por Aristarco e concluído por Kepler, três alunos afirmaram que *“então um cientista estuda uma coisa para saber de outra”*; trinta e oito participantes disseram que *“As contas que representam as coisas, são feitas com outra coisa, exemplo usa semelhança de triângulo para chegar em um resultado que desejasse conhecer”*. Eles foram informados de que suas arguições estavam corretas e que eles também poderiam ser cientistas como os que eles estavam estudando na vida escolar. Dessa forma, podemos inferir que estes alunos compreenderam a importância e a aplicação da geometria na solução de diversos problemas, principalmente, nos problemas que tem medidas inacessíveis.

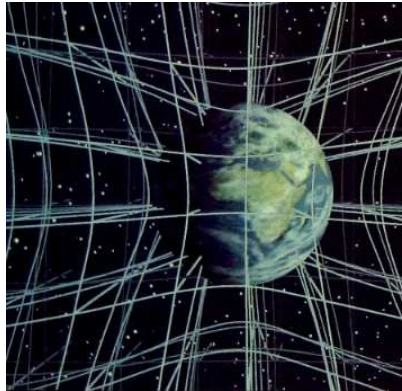
### 4.3.3 Tema: Deformação do espaço-tempo de Einstein

Deformação do espaço – tempo (Figura 5): aula prática que foi desenvolvida pelos alunos sob a orientação do pesquisador. Utilizamos um pano de algodão com  $4\text{ m}^2$  e três corpos esféricos, simbolizando o Sol, a Terra e a Lua. Uma bola de futebol, uma bola de isopor média e uma bola de plástico pequena para representar a massa do Sol, da Terra e da Lua, respectivamente. Descrição da prática: estendemos o pano medindo  $2\text{m}$  por  $2\text{m}$  suspenso no ar, paralelo ao piso (plano do chão). Foi solicitado que quatro alunos ficassem segurando o pano e que um quinto participante soltasse a bola de futebol, depois a de isopor e, por fim, a de plástico.

Questionados a observar se em cada situação existiria diferença no fenômeno, uma aluna respondeu: *“A bola de futebol afundou mais”*. Quando questionada acerca do motivo, ela respondeu: *“ela é mais pesada, quer dizer tem maior massa”*. À vista disso, ela foi questionada sobre o verdadeiro fenômeno no espaço, ou seja, como se daria a realização deste experimento nas três dimensões e ela respondeu: *“não sei como dizer, pois, todos iriam puxar para dentro, mas isso não pode”* (Figura 5). Isto posto, o pesquisador teceu algumas considerações com a finalidade de complementar a informação dada pela aluna sobre o fenômeno observado: a abolação é diretamente proporcional à massa do objeto. Em seguida foi feita uma exposição sobre a deformação do espaço–tempo, visto em uma das faces onde ele acontece, como o que acabara de realizar. O verdadeiro fenômeno visto em suas quatro faces, como mostra a (Figura 5), é quase impossível concretizar em sala de aula.

Questionados se eles conseguiram compreender a teoria da deformação do espaço–tempo, a resposta veio da seguinte forma, através de uma aluna que afirmou: *“A luz pode fazer uma curva! Na escola aprendemos que ela só ia em linha reta”*. Já trinta e nove alunos responderam que *“com essa foto (Figura 5), fica melhor ver o que acontece com a luz. Aqui na sala estamos vendo só um pedaço do acontecimento”*. Um participante fez a seguinte ponderação: *“se na aula da escola o professor tivesse mostrado esses desenhos e o vídeo, ficava melhor de entender o assunto. Pois desse jeito, eu entendi, tudo”*. Portanto, podemos inferir que os alunos reconstruíram seus conhecimentos acerca do movimento da luz e da deformação do espaço–tempo. Vale ressaltar que esta demonstração foi feita em apenas uma das faces da deformação do espaço–tempo. O fenômeno na íntegra foi apresentado por meio da Figura 6.

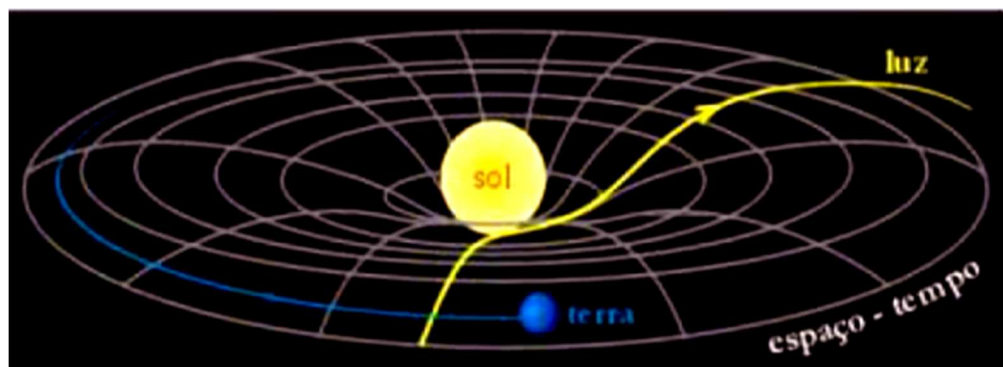
Figura 5: O verdadeiro fenômeno da deformação do espaço-tempo, formulado por Einstein, fora de escala.



Fonte: [https://2.bp.blogspot.com/-qlv\\_BR-qAs/VdSMbZ6hwYI/AAAAAAAAACJY/gtSXwKqCQfM/s1600/espaco%25C3%25A7o-tempo-3d.jpg](https://2.bp.blogspot.com/-qlv_BR-qAs/VdSMbZ6hwYI/AAAAAAAAACJY/gtSXwKqCQfM/s1600/espaco%25C3%25A7o-tempo-3d.jpg). Acessado em 20/07/2015

Este experimento representou a Lei de Albert Einstein – Deformação do espaço-tempo, ou seja, ao lançar as bolas, elas fizeram uma ablação proporcional à sua massa. Ficou também perceptível que um corpo, para dar uma volta completa em torno do Sol (bola que estava no centro do pano), quanto maior for a distância entre o corpo e o Sol, maior será a trajetória; e quanto menor for a distância, menor será a trajetória (Figura 6), o que, para Bretones (2014), explica por que um ano no Planeta Plutão equivale a 348 anos no Planeta Terra. Ou seja, o tempo é relativo dependendo do referencial.

Figura 6: A luz sendo desviada por causa da deformação do espaço-tempo, fora de escala.



Fonte: [https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/920884/mod\\_book/chapter/2636/restrita/aula\\_TRG\\_CEU.pdf](https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/920884/mod_book/chapter/2636/restrita/aula_TRG_CEU.pdf). Acessado em 20/07/2015

Esse momento foi especial tanto para o pesquisador quanto para os alunos, pois os alunos ficaram maravilhados com tal experimento. Questionavam como “o homem conseguiu descobrir essa lei, já que não existe esse pano é só na imaginação”. Algumas dúvidas surgiram: “isso ocorre só com Sol, ou todas as coisas (astros) são assim”.

Para responder a essas indagações, o pesquisador comentou que esta Lei se aplica a todos os corpos celestes; o que difere entre elas é apenas a intensidade da deformação, já que a mesma está relacionada com a massa do corpo celeste. Como foi visto no experimento, quanto maior a massa, maior a deformação do espaço-tempo. Ainda, foi esclarecido aos educandos que essa descoberta só foi possível, porque Einstein estudou todas as teorias que os cientistas que vieram antes dele criaram para explicar o universo, ou seja, nessa descoberta percebemos a relação direta da Escola com a evolução das teorias científicas, o que comprova que o conhecimento é efêmero.

O conceito da abolação foi perfeitamente compreendido pelos alunos, mas veio um questionamento de uma aluna: qual seria a posição dessa deformação no universo? Estaria para cima ou para baixo? Então elucidei que no universo não existe em cima ou embaixo, dentro ou fora; expliquei que esses conceitos foram criados pelo homem para poder ter um referencial de localização. Já o universo não precisa se localizar; apenas existe, sem se preocupar com referenciais. Este encontro teve a duração de 1h30min, horário cedido pelas professoras de Física e de Matemática, no turno da tarde.

#### **4.4 Quarto Encontro: Observação Astronômica**

Observação astronômica com telescópio, binóculos e a olho nu, com o objetivo de perceber as constelações, os astros e a Lua e suas relações com os conteúdos abordados durante os três encontros anteriores.

Este encontro aconteceu no dia 27 de novembro de 2015, na cidade de Juazeiro/BA, no Espaço Arte, Ciência e Cultura da Universidade Federal do Vale do São Francisco EACC–UNIVASF, no entardecer, num dia em que a Lua estava na fase cheia. Ela apareceu no horizonte acima dos prédios da cidade, às 19 horas e 37 minutos. Nesse momento, utilizando o telescópio celestron, observamos o fenômeno da translação da Lua em torno da Terra. Ao mesmo tempo, pudemos perceber os movimentos de rotação e de translação do Planeta Terra. Ao fixarmos o telescópio numa estrela, observamos que, com o passar dos minutos, a posição foi alterada. Considerando a distância do observador à Estrela, é visível que um dos corpos mudou de lugar, ou os dois. Resta saber se foi a Terra, a Estrela ou ambos.

Ao retomarmos os assuntos abordados nos três primeiros encontros, dezessete participantes afirmaram que *“ambos se moveram, mas para nós a terra se move mais. Já a Estrela moveu só um pouco, que quase não dá para ver daqui”*. Esta afirmação vai ao encontro de Saviani (1996, p. 18), ao afirmar que “com efeito, o aprofundamento na compreensão dos fenômenos se liga a uma concepção geral da realidade, exigindo uma reinterpretação global do modo de pensar essa realidade”. Dessa forma, os alunos conseguiram elucidar as teorias vivenciadas nos encontros anteriores, com a observação astronômica, o que contribuiu para o seu aprendizado.

Segundo os alunos, este foi um dos melhores momentos. A fala de uma participante ilustra a satisfação com a experiência realizada: *“Pegar o ônibus da universidade à noite e sair da escola para ver o céu com telescópio uma coisa que sempre quis fazer”*. Durante a observação, o pesquisador pôde perceber que os alunos sabiam que a “estrela” que fica próxima à Lua não era uma Estrela, só não sabiam dizer que corpo celeste era. Quando a professora do observatório disse que era o planeta Vênus, muitos deles ficaram surpresos e questionaram como um planeta poderia ter luz. Um aluno disse o seguinte: *“ele não tem luz ele reflete a luz como um espelho”*. Por meio desta fala, podemos perceber que esse aluno traz conhecimentos teóricos da sua vivência, seja na escola, seja no seu meio social.

Neste encontro, tivemos a oportunidade de observar a estrela dupla Albireo, a constelação de Andrômeda, a Lua, Sagitário, Marte, a Constelação de Escorpião, entre outros astros, que estavam visíveis no dia 27/11/2015. A observação foi feita por meio da lente de um telescópio, que tem um aumento de 360 vezes. No momento em que os alunos foram informados de que seria possível ver a estrela Albireo e que ela era dupla, ficaram perplexos. Uma aluna questionou: *“como assim? Existe estrela dupla como isso é possível?”*. Então, a professora do Observatório fez ponderações a respeito do estudo de estrelas.

O pesquisador complementou a informação ao relatar a teoria criada pelos cientistas para explicar o nascimento e a morte de uma estrela. Ao concluir o relato, outro aluno complementou: *“é por isso que o Sol vai morrer”*. Podemos concluir que ele deu essa resposta em virtude das aulas dialogadas nas quais foram informados de que no universo tudo nasce e morre; nada é eterno. Neste encontro, o pesquisador realizou apenas uma socialização dos conceitos e conteúdos estudados nos encontros anteriores. Toda a exposição e a utilização dos instrumentos foram feitas pelo coordenador do observatório. Este momento deu-se à noite.

#### 4.5 Quinto Encontro: Aplicação do Questionário

Aplicação do Questionário (Apêndice A), com 10 questões abertas adaptadas dos livros didáticos que os professores da escola utilizam, seguindo as orientações dos PCNs. O questionário contém questões relativas a conteúdos de Astronomia e de Gravitação Universal e de Elipse e suas correlações. A aplicação do questionário ocorreu das 13 horas às 14 horas e 30 minutos.

Este encontro foi o mais difícil para os alunos, pois todos ficaram muito apreensivos se iriam, ou não, acertar as respostas do questionário. Percebeu-se que eles ficaram confusos ao dissertarem sobre as questões, uma vez que não estavam familiarizados em responder a um questionário com três eixos de investigação. Também relataram que na escola as provas eram de marcar “x”. Podemos destacar que só o fato de a avaliação ser um formato diferente daquele que os discentes estão habituados, já traz certa dificuldade para a maioria deles, pois sua rotina de avaliação foi deslocada do ponto inercial.

Para Tardif e Lessard (2012, p. 91), a “ausência de especificidade e essa indeterminação das fronteiras significam que a divisão do trabalho escolar não se fundamenta logicamente numa divisão dos saberes, mas, ao contrário, é a divisão do trabalho como fenômeno social”. Nesse sentido, foi crucial que o questionário tivesse os três eixos, pois abordou questões de fenômenos relacionados com as teorias criadas pelo homem para justificar a Mecânica Celeste, pois, o homem estuda esse assunto desde 6.000 anos antes da nossa era.

Como foram abordados assuntos de Física e de Matemática, alguns alunos do terceiro ano ficaram apreensivos se as respostas deles teriam mais acertos do que as dadas pelos alunos do primeiro ano. Eles foram tranquilizados quanto a esse fato, pois, como os questionários não são identificados, não teria como saber qual aluno acertou mais ou menos; além disso, a finalidade da pesquisa não era verificar os acertos e erros de cada turma, mas, sim, investigar as contribuições da prática desenvolvida pelo pesquisador frente aos conhecimentos de Astronomia. De acordo com Gadamer (2011, p. 47), “o homem se caracteriza pela ruptura com o imediato e o natural, vocação que lhe é atribuída pelo aspecto espiritual e racional e sua natureza. [...]. A essência universal da formação humana é tornar-se um ser espiritual, no sentido universal”. E esta ruptura se faz retirando o aluno da sua zona de conforto.

Ainda a este respeito, Fromm (1963) concluiu que a capacidade do homem de usar suas energias para realizar as potencialidades que lhe são inerentes é, sem dúvida, a comprovação de que ele é livre e não depende de alguém que controle suas energias.

Já os alunos do primeiro ano argumentaram que se não respondessem certo, era porque ainda não tinham estudado alguns conteúdos de Física abordados na prática desenvolvida. Antes de aplicar o questionário, tranquilizei-os dizendo que se eles acertassem ou se errassem, não teria problema, pois as avaliações serviam para verificar o quanto o trabalho do professor era essencial na vida do aluno.

A dificuldade maior percebida pelo pesquisador foi que eles não estavam acostumados a responder provas de Matemática e de Física com questões abertas, ou seja, uma prova dessas disciplinas sem cálculos aritméticos ou algébricos. Neste caso, a prova era discursiva, baseada no que eles compreenderam durante a exposição da oficina. Conforme Tardif e Lessard, (2012, p. 91), “pelo contrário, cada um desses agentes escolares recorre a saberes que, em maior ou menor grau, os demais agentes escolares também possuem. Esses saberes, portanto, têm fronteiras porosas, permeáveis, flexíveis, mutáveis”.

Dessa forma, os alunos tiveram a oportunidade de conhecer nova forma de construir o conhecimento de que vão precisar para vida, tanto acadêmica quanto profissional. Este encontro teve duração de 1h30min, horário cedido pelas professoras de Física, no turno da tarde.



## 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para fazer a análise dos resultados colhidos por meio dos problemas apresentados aos discentes no questionário (Apêndice A), foram separados 10 questionários escolhidos aleatoriamente entre os 52, da seguinte maneira: 5 do sexo masculino e 5 do sexo feminino, sendo 3 alunos e 3 alunas do terceiro ano e 2 alunos e 2 alunas do primeiro ano, uma vez que os conteúdos enfocados no projeto são trabalhados na escola, nas disciplinas de Física no primeiro ano e de Matemática, no terceiro ano. Com a finalidade de preservar a identidade dos participantes da referida pesquisa, foram utilizadas as seguintes cifras: Discente 01 – (D1), Discente 02 – (D2), Discente 03 – (D3), Discente 04 – (D4), Discente 05 – (D5), Discente 06 – (D6), Discente 07 – (D7), Discente 08 – (D8), Discente 09 – (D9) e Discente 10 – (D10).

Os discentes escolhidos foram organizados em categorias. Para Moraes (2003, p. 198-199), “a caracterização da análise textual pode ser feita a partir das propriedades que se exigem para as categorias. Ao examinarem a questão das propriedades das categorias, não há necessariamente uma uniformidade entre diferentes autores”. Assim, o Projeto de Intervenção buscou contribuir com o processo de ensino e de aprendizagem junto aos alunos, utilizando instrumentos astronômicos, aulas dialogadas, interação professor – aluno – professor, e uma abordagem histórica e contextualizada dos conteúdos de Astronomia.

Focou-se nos modelos heliocêntrico e geocêntrico, que foram os grandes responsáveis pela evolução da Ciência. Para justificar os movimentos planetários, os cientistas tiveram que investigar a fundo, qual, de fato, representava a Mecânica Celeste. Vale ressaltar que este estudo tem origem no primeiro modelo idealizado pelos Babilônicos.

Foi necessário classificar as respostas dos discentes em três categorias, pois, em conformidade com Langhi (2004, p. 239), “classificar significa identificar atributos de objetos ou eventos que permitem distribuí-los em categorias”. Nesse sentido, Lüdke (p. 50, 2014) conclui que “a construção de categorias não é tarefa fácil. Elas emergem, num primeiro momento, do arcabouço teórico em que se apoia a pesquisa”. Em conformidade com os pensamentos dos autores citados, as categorias que atendem à demanda do questionário são:

1. Contribuição docente para a aprendizagem do aluno;
2. Aprendizagem de astronomia com uso de instrumentos astronômicos;
3. Aprendizagem de conteúdos de astronomia.

Sendo assim, este trabalho tem três vertentes a considerar, ou seja, foram analisadas três possibilidades para a compreensão – aprendizado – por parte dos alunos no que se refere à pertinência do trabalho do pesquisador como um todo. Dessa forma, verificou-se quais os impactos das contribuições que a prática desenvolvida proporcionou aos alunos, em relação ao aprendizado nas disciplinas de Física e de Matemática, utilizando a História da Astronomia.

Miorin e Vilela (2010, p. 91) destacam: “Assim, as adjetivações apontam para práticas matemáticas específicas, indicam diferentes usos, em contextos e situações específicas, determinadas pela força normativa das formulações de cada grupo”. Esses grupos podem conter informações variáveis, uma vez que, para Moraes (2003, p. 198-199), “especialmente, em alguns aspectos o encaminhamento das análises pode levar a produtos bem diversificados. Nem todas as formas de conduzir as análises são idênticas em seus pressupostos”. Devemos observar que existem fatores inerentes ao processo de análise, que, dependendo do que o pesquisador queira extrair como resposta, pode não considerar alguns elementos presentes nos resultados. Assim, cada pesquisador pode optar, de acordo com os objetivos, pelas vertentes a serem dadas ao fato observado.

A esse respeito, Barrio (2010, p. 161) destaca que devemos considerar que o estudo da “Astronomia tem como objetivo a compreensão dos modelos conceituais aceitos pelos cientistas como adequados para explicar os fenômenos observados, o processo de ensino e de aprendizagem da Astronomia não pode estar separados desses modelos”. Nesse sentido, o fato de definir três grupos para a análise dos resultados do Projeto de Intervenção desenvolvido na Escola investigada permite que os alunos percebam as possibilidades de aprendizagem, seja por cálculos algébricos, leitura ou de teorema, conceituarias e analogias.

### 5.1 Primeira categoria: Contribuição docente para a aprendizagem do aluno

Neste grupo, por finalidade de aspectos, ficaram alojadas as questões 01 e 06 (Apêndice A). Na presente categoria, pretendeu-se saber quais as contribuições que a prática pedagógica oportunizou aos alunos, em relação aos conteúdos de Matemática e de Física da Educação Básica. Para isso, analisei as respostas dadas pelos discentes ao questionário (Apêndice A), sob o ponto de vista da análise qualitativa. As respostas dos alunos fazem referência às estações do ano e à relação direta desse fenômeno com as leis de Kepler.

Como foi exposto anteriormente no texto, o eixo de rotação da terra é inclinado em relação ao Equador celeste. A saber, ele faz um ângulo de  $23^{\circ} 26' 21''$  com o plano do Equador celeste (FARIA, 1987). Caso a inclinação fosse  $0^{\circ}$  os dias e noites teriam exatamente 12 horas de claridade e 12 horas de escuridão, ou seja, não existiriam quatro estações no ano, haveria apenas uma, pois, em cada estação, o tempo de claridade e de escuridão dos dias são diferentes.

A respeito disso, Bisch (1998) postula que há inclinação do eixo de rotação do planeta Terra – ponto crucial para a explicação das estações do ano. Porém, as análises da investigação revelam que as professoras sabem que “o eixo da Terra é inclinado”, mas, infelizmente, a prática revelou que, em nenhum momento, é mencionado quão fundamental é isso para o fenômeno das quatro estações. Este conhecimento é tratado como uma condição secundária, que contribui para a maior ou a menor inclinação dos raios solares na Terra.

Analisando as respostas dos discentes relativas aos problemas, foi possível concluir que a prática foi relevante para o seu aprendizado, conforme se observa na afirmação de D2, ao atestar “*Que de acordo com o que os planetas se aproximam do sol, a velocidade aumenta*”. Quando um planeta se aproxima do Sol, há um momento em que ele está mais afastado, ou seja, o raio Planeta-Sol não é constante. Esse fato garante que a órbita do planeta não é circular; logo, a figura geométrica que pode representar o movimento de translação de um planeta é a elipse, mesmo a excentricidade da mesma sendo 0,018. Segundo D5, sua percepção sobre as leis que regem os corpos celestes foi modificada, pois “*muda a concepção do pensamento primário de que a terra gira em um círculo perfeito*”. Podemos perceber que D5 coloca a elipse como o modelo para o movimento do Planeta Terra, ou seja, com essa percepção, D5 conseguiu observar a aplicação direta dos conceitos e fórmulas matemáticos, ao estudar elipse na aula.

Essa afirmação vai ao encontro de Langhi e Nardi (2012, p. 159), que afirmam que “pesquisas sobre a utilização de tais instrumentos no ensino da astronomia e ciências afins concluem que muitos alunos e professores ficam dotados de mais incentivo”. Para D5, é mais fácil compreender os conteúdos de física e de matemática por meio da abordagem feita pela oficina, pois os fenômenos acontecem periodicamente na natureza, assim, *“ficou mais fácil saber por que esses fenômenos acontecem”*. O mesmo entendimento é compartilhado por D6: *“pois se percebe que tanto na astronomia quanto no dia a dia existem formas geométricas”*.

Uma das distâncias entre os conteúdos trabalhados em sala de aula e o conhecimento necessário à resolução dos problemas na vida prática é justamente que, na maioria das vezes, as aulas não capacitam os alunos para um conhecimento pleno, ou seja, os conteúdos são trabalhados em descompasso com a realidade dos alunos e até dissociados das demais disciplinas que tratam desse conhecimento. Isso fica claro na fala de D10: *“vimos fórmulas e leis geralmente aplicadas em ambas as matérias”*. É lamentável que, na maioria das vezes, nossos alunos adquiram apenas um aprendizado mecânico.

Conti e Soares, (2010, p. 149-150) destacam, em relação a atividades como as desenvolvidas nesta prática: “Observamos ainda que essas atividades podem desencadear o desenvolvimento de algumas competências que hoje estão praticamente adormecidas nos jovens que frequentam nossas escolas, como, por exemplo, as de conjecturar, argumentar, justificar e deduzir matematicamente”.

O educando, ao deparar-se com um problema prático, na maioria das vezes, não consegue resolver tal problema, uma vez que não está habituado a fazer a junção das informações recebidas na escola com as diversas situações que surgem no dia a dia. Vale destacar que isso acontece, mesmo o aluno tendo todo o conhecimento necessário para resolver tal situação. A esse respeito, D7 declara que *“juntando a matemática, no caso o círculo trigonométrico, com a física que é a que se pode descobrir sendo então o local dos astros. Juntos podem andar, mas, e descobrir coisas”*. Também D3 afirma que *“mostra as relações entre as matérias, como por exemplo, o cálculo do seno para saber a distância de ponto a outro”*. Notamos que D3 relaciona o seno de um ângulo com a altura – distância – entre dois pontos e, conseqüentemente, o cosseno do ângulo será visto como a distância – Horizontal – percorrida em relação ao ponto de referencial. Neste caso, esta atividade esclareceu ao aluno uma das aplicações do estudo de trigonometria nas aulas de matemática.

Nesse sentido, Mendes (2009, p. 125) afirma que “essa atividade é uma forma importante de conduzir o aluno à reelaboração do conhecimento existente nos livros didáticos de Matemática, assim como desenvolver atividades científicas voltadas para a investigação no ensino da Matemática”. O educando D4 comunga com o pensamento de Mendes, pois, para ele, *“O professor desenvolveu e apresentou de forma diferente, assuntos sobre astronomia envolvendo essas matérias”*.

Sabemos que a terceira Lei de Kepler foi, inicialmente, formulada para os planetas do sistema solar, “no entanto, ela vale para satélites de outros planetas, para satélites artificiais e para os cometas” (CANIATO, 2011, p. 74). Fica claro, então, que as próprias elucidações precisam de ilustrações capazes de aperfeiçoar a compreensão do universo.

Assim, também precisamos de uma elucidação do método de trabalho com nossos alunos, principalmente, no modo como os estamos auxiliando a construir o conhecimento necessário e útil para uma sociedade, cada vez mais exigente no que tange às novas tecnologias, especialmente, na área da informação. Desta forma, foi observado que as atividades pedagógicas propostas contribuíram para a aprendizagem dos estudantes, como podemos observar na fala de D8: *“Até o momento, meu conhecimento sobre o assunto era muito pouco e a partir do trabalho eu pude observar bastante a respeito do assunto”*. Sendo assim, é plausível considerar que essa prática corroborou para a construção do conhecimento de D8, no que tange aos tópicos de Gravitação Universal e Elipses.

## **5.2 Segunda categoria: Aprendizagem com uso de instrumentos astronômicos**

Neste grupo, por finalidade de aspectos, ficaram alojadas as questões 02 e 03 (Apêndice C). A referida categoria teve por objetivo verificar a aprendizagem de astronomia com o uso de instrumentos astronômicos, considerando os conteúdos de Física e de Matemática na Educação Básica. Ao analisar as respostas dos discentes, constatei que fazem referência ao aumento e à diminuição da sombra de um objeto, com o passar das horas, durante o dia, pois esse foi o primeiro instrumento descoberto pelo homem, cuja finalidade era marcar a passagem dos acontecimentos periódicos, principalmente, os primeiros registros do homem das suas observações, acerca do entendimento da Natureza e do Universo.

Caniato (2011, p. 16) destaca: “De manhã, logo depois da saída do sol, as sombras da haste estão muito compridas. Com o passar das horas, a sombra vai encurtando e, ao meio-dia solar, ela é menor. Depois disso, ela vai novamente aumentando, até o cair da tarde”. É notório que o modelo de Relógio de Sol construído ao fincar uma haste perpendicular no solo é diferente do Relógio de Sol equatorial, pois este tem um mostrador inclinado e a haste é fincada perpendicular ao Equador celeste, daí ser chamado de equatorial.

Nas respostas apresentadas na questão que fazia referência ao instrumento astronômico Astrolábio, os pesquisados associaram este instrumento ao processo de locomoção do homem no globo terrestre, mas principalmente na navegação marítima, e, por analogia, fizeram também comparação com o uso do telescópio, conforme a fala de D8: “*Se por um espelho aqui podemos enxergar as estrelas*”. Fiquei surpreso com essas respostas, pois todos os discentes que participaram do projeto de intervenção informaram que era a primeira vez que tinham a oportunidade de construir e de utilizar o referido objeto.

Analisando as respostas à questão 02, todas elas fizeram referência a, pelo menos, um fenômeno presente na prática desenvolvida, como expressa a fala de D3: “*Para concretizar a ideia de que a Terra não faz movimentos circulatorios e sim elípticos, pois a sombra não segue uma escala*”. Essa afirmação vai ao encontro da justificativa de D4, quando ele afirma que o relógio de Sol serviu e serve para “*Marcar os movimentos das sombras de acordo com o movimento da terra*”. Neste caso, é possível perceber que os alunos fizeram citação direta com a sombra e a inclinação do eixo terrestre sobre a eclíptica da Terra. Pois a junção da inclinação do eixo terrestre com a elipse descrita pelo planeta Terra em torno do Sol é que origina as quatro estações e ocasiona dias e noites com períodos diferentes.

Para Fromm (1963, p. 98), “ao pensar produtivamente, o pensador é motivado por seu interesse pelo objeto; é afetado por ele e a ele reage; ele se importa com o objeto e a ele responde”. Nesse sentido, D8 afirmou que a prática contribuiu para que ele percebesse os verdadeiros movimentos feitos pelos astros celestes, tanto os que têm luz própria, como é o caso das estrelas, quanto dos astros iluminados, a exemplo dos planetas: “*ficou perceptível de forma prática e lúdica como realmente acontecem os movimentos do planeta terra*”. Contudo, percebemos que D8 tinha uma perspectiva ambígua dos movimentos dos planetas e que, após participar da prática Pedagógica, conseguiu ter uma melhor compreensão dos movimentos dos astros celestes, tais como Cometas, Estrelas e Planetas.

Seguindo esse entendimento, Brasil (1998, p. 64) sugere que “como referência para a orientação noturna, os alunos podem observar a constelação do Cruzeiro do Sul e seu movimento em relação ao horizonte por alguns momentos, num intervalo de três ou quatro horas durante a noite”. No sentido dessa afirmação, o discente D5 afirma que existem várias maneiras de compreender a elíptica do planeta Terra, pois *“têm inúmeros fatores de que a terra não gira em um círculo perfeito, e sim em uma elipse, uma delas é observar Marte como Kepler fez”* Já para D7, *“o relógio do Sol, mostrou que em determinadas horas do dia o sol muda de lugar o que consequentemente mudara a posição da sombra”*.

Em relação à marcação do tempo com uso dos instrumentos, D1 comenta: *“Sei que o relógio de sol foi usado na antiguidade para marcar hora pela sombra do sol”*. De acordo com D2, o Sol é um astro rei, pois independe de outro astro para existir, bem diferente do Planeta Terra ou Vênus que necessitam do Sol para existirem. D2 afirma *“que o sol faz seu próprio movimento”*. Já a fala de D6 destaca que serviu *“para me situar onde o Sol está em relação a mim e o ângulo que ele faz em seu trajeto todo dia”*. Dessa forma, o aluno conseguiu assimilar os conteúdos de trigonometria – Ângulos, usando como ferramenta a Astronomia.

Já D9 comentou que, por meio dessa prática, *“foi possível compreender que os movimentos da terra não são sempre os mesmos, mas que eles variam”*. Se for variável, então, não pode ser um círculo, mas, sim, uma eclíptica. O que acontece também no movimento do Sol, como destaca D10 ao afirmar *“que, além do planeta terra, podemos perceber que o Sol faz seu movimento”*. Assim, D10 passou a conhecer que o Sol não está imóvel no universo, sempre fazendo um movimento elíptico, como os planetas fazem ao seu redor.

Sendo assim, houve boa compreensão dos conceitos de Astronomia com a construção e a utilização dos instrumentos astronômicos por parte dos participantes, pois, de acordo com Powell (2001), solicitar ao aluno que escreva como ele pensa a resolução do problema matemático, além de promover o resgate do pensamento, a reflexão e a organização de ideias, faz o aluno refletir criticamente. Escrever as experiências matemáticas pressupõe um aprendiz ativo, não passivo. Essa ação, associada ao caráter revelador da escrita reflexiva, indica que a escrita pode influenciar significativamente a cognição e a metacognição do aluno.

O ensino de astronomia, que poderia, no contexto escolar, ser abordado nas disciplinas de Ciências e Geografia, no nível fundamental, e de Física, no Ensino Médio, por exemplo, tem se pautado, na maior parte das vezes, em atividades que pouco avançam além de explorações teóricas (DEUS; LONGHINI, 2014, p. 297).

Para D3, foi importante conhecer, construir e utilizar o Astrolábio, visto que foi possível compreender como o ser humano conseguia fazer suas viagens de uma cidade para a outra no passado: *“ele foi muito importante para a localização em viagens”*. D6 corrobora com que foi dito: *“para eu poder descobrir como as pessoas da antiguidade compreendiam a Astronomia”*. A esse respeito, D7 complementa: *“o astrolábio indica o ângulo das estrelas”*. Já, para D8, a utilização do Astrolábio foi e continua sendo importante para o homem: *“o astrolábio foi bastante importante antigamente e até hoje é usado para saber a localização geográfica através da Astronomia”*. Segundo D9, *“com a sua construção é possível observar o ângulo de acordo com o ponto específico”*, criando-se, assim, necessariamente, a tabela trigonométrica, visto que essa tabela está intrinsicamente ligada à variação angular. D10 acrescenta que *“de forma precisa, podemos nos localizar e sabemos para onde estamos indo”*. Esse conteúdo desperta a curiosidade e incentiva os alunos ao estudo.

Para Brasil (1998, p. 64), *“por meio de comparação e estimativas, podem especular sobre as distâncias a que diversas estrelas se encontram da Terra e a quantidade de estrelas que não são visíveis, seguindo-se pesquisa em fontes de informação escritas”*. Dessa forma, as respostas apresentadas pelos alunos permitem deduzir que as práticas desenvolvidas contribuíram para que eles compreendessem de forma simples os fenômenos complexos que existem na confecção e na utilização dos instrumentos astronômicos utilizados pelos cientistas para estudar o Universo. Ao tornar essa prática possível para alunos da Educação Básica, mostrou-se a eles que têm condições de fazerem ciência, por não serem seres passivos do processo de ensino e de aprendizagem.

Mendes (2009, p. 125) afirma que *“o uso de projetos de investigação no ensino da Matemática conduz professores e alunos para a compreensão do processo construtivo da Matemática escolar como produção científica elaborada socialmente, ao longo da história”*. Com a confecção e a utilização dos instrumentos astronômicos, pude observar que os educandos que participaram do Projeto de Intervenção tiveram uma boa compreensão dos conteúdos de Astronomia, como pode ser visto na fala de D10: *“Que, além do planeta terra, podemos perceber que o Sol faz seu movimento”*. Dessa forma, D10 conclui que todos os astros estão se movendo no universo. Está resposta de D10 comunga com a teoria científica aceita nos dias atuais para o universo, pois, segundo Faria (182, p. 156), atualmente, os cientistas consideram que *“a Terra não está no centro do universo, nem o Sol, nem a Galáxia ou qualquer outro objeto, pois considera-se que o Universo não tem centro”*. É um universo dinâmico.



### 5.3 Terceira Categoria: Aprendizagem de Conteúdos de Astronomia

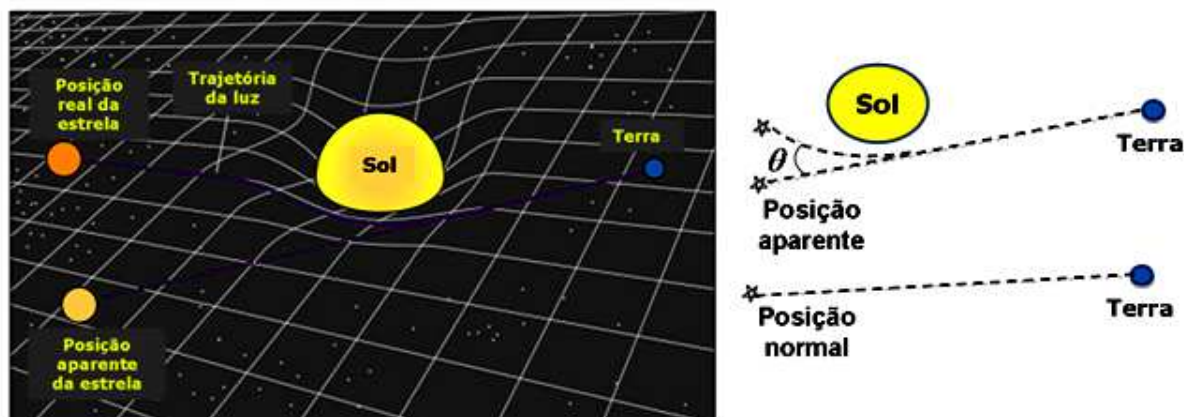
Neste grupo, por finalidade de aspectos, ficaram alojadas as questões 04, 05, 07, 08, 09 e 10. O objetivo desta categoria foi verificar se os alunos apreenderam conteúdos de Astronomia, por meio da Prática desenvolvida pelo pesquisador. Nesta categoria, as respostas dos alunos fizeram referência aos dois principais modelos formulados pelos cientistas para justificar a dinâmica dos corpos celestes:

O primeiro referencial nesses estudos, assim como na construção de maquetes representando o Sol, a Lua e a Terra, é o lugar de onde o estudante observa a Lua, o que favorece o deslocamento imaginário posterior para uma referência a partir do Sol ou mesmo fora do Sistema Solar, por experimentos com luz e sombra. Com a observação de todas essas regularidades o ser humano, antes de organizar cidades, já sabia que o Sol, a Lua e as estrelas participam do mesmo movimento. Esses fatos sugerem duas possíveis interpretações: ou a Terra se desloca de Oeste para Leste ou todos os astros se deslocam de Leste para Oeste. Por muito tempo prevaleceu a última interpretação, com a Terra estática e central. Entre as várias explicações para isso, os antigos conceberam um modelo em que as estrelas, a Lua e o Sol estariam sobre uma grande esfera transparente que circundava a Terra, da qual se via apenas metade de cada vez. As estrelas eram visíveis quando o Sol se encontrava no hemisfério celeste abaixo do horizonte. A esfera se moveria para Oeste ao redor de um ponto fixo imaginário no céu (BRASIL, 1998, p. 63-64).

Também estão presentes nas referidas respostas as implicações no campo gravitacional causadas pela energia dos astros, em especial da nossa estrela, o Sol, e sua relação direta com os movimentos dos demais corpos celestes que o orbitam; a relação desse fenômeno com a Lei de Einstein (Figura 05) e sua generalização para os demais corpos celestes naturais ou artificiais. De acordo com Rooney (2013), depois de Einstein, o espaço e o tempo tornaram-se um *continuum*, pois uma estrela distorce o contínuo espaço-tempo, criando um efeito gravitacional.

Os alunos também se referiram à divergência que durou mais de 1.800 anos entre a comunidade científica, para demonstrar e aceitar que o Planeta Terra é um mero coadjuvante do sistema solar. Atualmente, sabe-se que este, por sua vez, é insignificante, pois, segundo Gribbin (1995), a estrela VY Canis Majoris é 2 100 vezes maior que o nosso Sol. Os alunos, ao responderem às questões 01 e 07, enfocaram que o planeta Terra não faz apenas os dois singelos movimentos normalmente abordados na disciplina de geografia. Conforme Caniato (2011), existem, pelo menos, três principais movimentos que são responsáveis pela existência da vida na Terra, a saber: rotação, translação e precessão – movimento de um pião antes de parar. Este último é o principal responsável por existirem ondas do mar.

Figura 7: Deformação do espaço-tempo fora de escala



Fonte: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/20262/imagens/fig11.png> acessado em 20/07/2010

De acordo com as respostas, podemos identificar, ao ver um astro a olho nu, à noite, se o mesmo é uma estrela ou um planeta. Como uma estrela tem luz própria, seu brilho é cintilante; já um corpo que não possui luz própria parece “piscar”. Outro modo é que uma estrela sempre estará no mesmo local, conforme observação de D10, ao afirmar que “*com o deslocamento, se não movimentar é uma estrela*”. Por outro lado, um planeta muda de lugar, a exemplo de Vênus que, ao ficar visível, sempre acompanha a Lua.

Ao analisar as respostas, foi observado que D8 expressa que, na prática realizada para explicar a deformação do espaço-tempo, “*Ficou perceptível que um objeto com maior massa exerce uma pressão maior no espaço*”. Nesse sentido, Brasil (1998, p. 65) conclui que “à medida que incorporam novos dados, novas informações, novos enfoques, os alunos incrementam seu próprio modelo de Universo, dentro de suas possibilidades de compreensão de espaço e tempo”. Em conformidade com esse raciocínio, D10 elucida que, dependendo do referencial de observação, a percepção da realidade é afetada: “*Aqui da terra, temos uma concepção diferente do que vimos em tempo real no universo*”.

Já D2 vai além dessa compreensão, ao fazer referência ao paradoxo dos gêmeos, quando afirma “*que de alguma forma podemos viajar no tempo*”. Para Hawking (2009), segundo a teoria da relatividade, cada observador tem sua própria medida do tempo. Se um dos gêmeos, ao embarcar em uma nave espacial, que for viajar com uma velocidade próxima à da luz enquanto seu irmão permanece na terra, o que embarcou na nave espacial envelhecerá mais lentamente em relação a seu irmão.

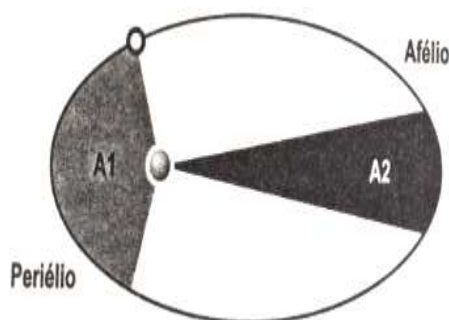
De acordo com Hawking (2009, p.11), “por causa do movimento dele, o tempo flui mais devagar na espaçonave, conforme visto pelo irmão na Terra. Assim, ao retornar do espaço, o viajante descobrirá que seu irmão envelheceu mais do que ele”, uma vez que o tempo tem uma relação direta com a velocidade da luz, que é de aproximadamente 300.000 quilômetros por segundo.

Para D8, *“ficou perceptível que um objeto com maior massa exerce uma pressão maior no espaço”*, ou seja, o aluno conseguiu compreender que o Sol, por ter uma massa de  $1,988 * 10^{30} Kg$  e a Terra, de  $5,973332 * 10^{24} Kg$ , é o responsável por uma maior deformação em relação aos demais planetas que fazem parte do seu sistema: logo, eles orbitam ao redor do Sol. Esse período dessa trajetória é proporcional à distância do planeta à estrela (OLIVEIRA FILHO e SARAIVA, 2014). O período de Mercúrio é de 0,241 anos terrestres; já o de Vênus é de 0,615 anos terrestres, enquanto o de Netuno é de 164,79 anos terrestres (QUEIROZ; SANZOVO e TREVISAN, 2014).

Quanto à identificação de uma estrela ou planeta à noite, segundo D2, podemos identificar esse corpo celeste no céu *“pela luminosidade, quando é uma Estrela a luz não pisca e quando é um planeta a luz pisca”*. Complementando essa informação, D3 afirma que *“se for uma estrela ela permanecerá sempre no mesmo lugar, se for um planeta isso não ocorrerá, porque os planetas orbitam”*. Para Brasil (1998, p. 64), “como referência à orientação noturna, os alunos podem observar a constelação do Cruzeiro do Sul e seu movimento em relação ao horizonte por alguns momentos, num intervalo de três ou quatro horas durante a noite”. Sendo assim, as estrelas permanecem sempre na mesma linha de visão. Para D8, *“existem várias formas de identificar, como por exemplo, pela cor e se estar em movimento ou não e através de telescópios”*. Neste caso, D8 precisou fazer referência à utilização de instrumento astronômico para poder identificar o astro.

Segundo D7, as estações do ano são determinadas pela *“Rotação da terra em torno do Sol, onde de acordo com a localização da terra, afélio ou periélio determina-se uma estação do ano”*. Com essa afirmação, o aluno fez referência ao movimento do Planeta Terra em órbita elíptica. De acordo com Gatti e Nardi (2010), o afélio acontece quando um planeta está mais longe da sua estrela e o periélio quando ele está mais próximo; isso ocasiona uma velocidade maior no periélio do que no afélio (Figura 8). Para um sistema admitir esse tipo de fenômeno, precisa ter dois centros – focos. A figura geométrica que representa o referido modelo é a Elipse.

Figura 8: Ilustração da segunda Lei de Kepler, destacando o periélio e o afélio fora de escala



Fonte: Adaptados de Gatti & Nardi, 2010

Segundo Faria (1987, p. 64), “quando a Terra está mais próxima do Sol (no periélio), sua distância é de aproximadamente 147.100.000 km e sua Velocidade é de 30,2 Km/s (108.720,7 km/h)”. Porém, para o “afélio (ponto da órbita mais distante do Sol), a distância Terra-Sol é da ordem de 152.100.000 km; a velocidade de translação da Terra é de, aproximadamente, 29,2 km/s (105.149,1 km/h)”; a velocidade média de translação é de 29,7 km/s, ou seja, 106.920 km/h. Como podemos perceber, a variação da distância Terra-Sol-Terra, quando toma como referência o afélio e o periélio é de apenas 5 milhões de quilômetros, o que se torna quase insignificante na escala do universo.

De acordo com D5, o Planeta Terra faz mais do que dois movimentos, pois ele afirma que a “*Rotação – a Terra em torno do seu próprio eixo. Translação – movimento em torno do Sol. Quanto ao terceiro não lembro, mais sei que tem*”. Isso ocorre porque a zona de desenvolvimento proximal entre o nível de desenvolvimento e a construção do novo conhecimento ainda não foi potencialmente elucidada. Corroborando com esse entendimento, D8 complementa a informação, dizendo que “*o movimento de translação é responsável pelo fenômeno das quatro estações*”. Os alunos afirmaram que essa foi a primeira vez que eles tiveram a informação de que o planeta Terra faz outros movimentos além da rotação e da translação, que é o movimento de precessão, entre outros.

Quanto ao fato de que para D4 o Planeta Terra faz um movimento com formato de uma “*espiral*”, conclui-se que esta afirmação provém do vídeo apresentado no encontro 3, que abordou que Sol faz um movimento elíptico, assim como a Terra. O aluno uniu os dois movimentos de translação da Terra e do Sol e concluiu que o movimento resultante desse fenômeno é uma espiral, estando o Sol no lado interno da espiral e a Terra, no lado externo.

Nesse sentido, D7 concluiu que o planeta Terra faz um movimento em “*espiral, na forma do DNA*”. Nesta resposta, há elementos sugeridos por Brasil (1998, p. 65), pois ele diz que “essa atmosfera retida pela própria gravidade terrestre possui, no seu estado atual, o oxigênio, que dá condições a uma grande diversidade de seres vivos que dele dependem, ao lado de outros que dele prescindem como as bactérias anaeróbias”. Portanto, D7 utilizou conceitos apresentados por Brasil (1998) para construir seu conhecimento, ao fazer esta analogia, ao associar a estruturação do DNA com a Astronomia.

No tocante ao fenômeno da gravidade, D10 afirmou que “*A gravidade da terra, atrai tudo para o seu centro*”. Complementando essa informação, D3 disse que “*Devido à gravidade da Terra, o objeto será puxado para o seu centro*”. Em consonância com as afirmações anteriores, D8 apresentou o seguinte argumento: “*Alternativa “c”, pois representa a força da gravidade que é exercida da pessoa e no objeto ao ser solto*” Nessas respostas pude perceber argumentos gravitacionais vistos em Gaspar (2010). Dessa forma, podemos concluir que, no tocante a esse conteúdo, os alunos tiveram uma aprendizagem em relação a esses fenômenos.

Por outro lado, D1 afirmou que “*não sei, não estudei ainda*”. Esta afirmação foi apresentada em 6 das 10 respostas dadas por D1, visto que não estudara esses assuntos. A respeito disso, Vieira (2009, p. 44) declara que, “contudo, emergem, pouco a pouco, outros paradigmas investigativos, mais interpretativos, que procuram não anular a subjetividade e a dimensão humana dos seus objectos de estudo.” Nesse sentido, podemos compreender que tais erros conceituais podem vir do processo de construção do conhecimento.

Morin, Motta e Ciurana (2003, p. 23-24), a esse respeito, afirmam que “o erro é um problema prioritário e original em torno do qual, independentemente daquilo que pode ter sido dito e escrito, ainda é importante haver uma reflexão profunda”. Ainda, a respeito desse fato, (DEMO apud MENDES, 2009, p. 124) argumenta que “o aluno não leva para a vida o que decora, mas o que cria por si mesmo”. Sendo assim, devo considerar a resposta dada pelo participante como pertinente ao processo de ensino-aprendizagem, surgindo, assim, outros elementos que essa resposta traz em seu escopo. A esse respeito, Lüdke (2014, p. 51) sugere que, “baseado naquilo que já obteve, o pesquisador volta a examinar o material no intuito de aumentar a sua visão”. Portanto, a resposta apresentada pelo discente precisa ser analisada por mais de uma perspectiva, pois devemos levar em consideração o contexto em que o aluno está inserido e como ele relaciona a informação passada pelo professor com sua realidade e cultura.

Em relação a essa questão, Snyders (1993, p.146) declara: “Aqueles ‘pesquisas’ em que o aluno é colocado em contato direto com a experiência, ele terá a oportunidade de se expressar, de se comunicar a partir do que sente e do que o afeta”. Sendo assim, é primordial considerar essa nova experiência que o aluno manteve durante os quatro encontros em que foi desenvolvida a Intervenção Pedagógica, ao mesmo tempo em que eram expostos novos conteúdos, eram recuperadas informações já vivenciadas pelo educando, os quais foram abordados de maneira diferente do abordado pelo professor em sala. Nesta abordagem, o aluno era instruído a conjecturar e a fazer as suas ponderações a respeito das aplicações dos conteúdos.

Na maioria das vezes, o educando tem acesso aos conceitos das disciplinas de Física e de Matemática de forma resumida ou com comparações equivocadas. As aulas de Física apresentam o sistema solar por meio de fotos em duas dimensões, como as que se veem nos livros didáticos. A respeito disso, Bisch; Barros e Silva (2014, p. 198) declaram: “[...] provavelmente, a única fonte de referência usada pelo professor para o ensino nessa área seja o próprio livro didático da Educação Básica [...]. A consequência disso é um ensino livresco, feito de chavões, de pouco proveito do aspecto motivador e fascinante da Astronomia [...]”. Essa forma de abordagem restringe a percepção do espaço tridimensional por parte dos educandos.

Quando os livros abordam o tema “Sistema Solar”, geralmente, trazem uma figura esquemática do dito cujo. Essa figura quase sempre é constituída pelo Sol e pelos planetas, totalmente fora de escala – e sem nenhuma referência a esse fato. É impossível, a partir dela, determinar a diferença de diâmetro entre o Sol e os planetas ou mesmo a distância que eles guardam entre si. Em geral, há apenas uma alusão a estas diferenças – os planetas maiores são representados por círculos grandes e os menores por círculos pequenos. E o problema das distâncias nunca é abordado, nem de forma imprecisa. A figura passa a noção errada de que os planetas estão equidistantes uns dos outros. Quando o livro tenta ser mais claro, apresenta uma tabela com as distâncias ao Sol. Mas são números enormes, que ninguém consegue imaginar o que significam ou como se traduziriam na distribuição real dos planetas pelo Sistema Solar (NOGUEIRA; CANALLE, 2009, p.64).

Ainda, a respeito desse fato, Bicudo (2011, p. 75-76) comenta que “a postura hermenêutica no discurso pedagógico da Matemática exige, sim, o apoio das metáforas ilícitas, dos erros conceituais, das aproximações possíveis entre termos matemáticos que, ao mesmo tempo, são termos da linguagem usual”. Para proporcionar aos alunos acesso à real situação descrita pelo fenômeno estudado, é necessário utilizar propostas pedagógicas que sobrepujam os conceitos apresentados pelos livros didáticos da Educação básica que o professor utiliza, na maioria das vezes, como sendo suas únicas ferramentas primordiais no processo de ensino e de aprendizagem, junto a seus educandos. Os conteúdos de Astronomia podem servir como um excelente aporte para explicar conteúdos de quaisquer disciplinas do Ensino Básico.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto no referencial teórico, no projeto de intervenção e na análise do questionário, percebe-se que há lacunas entre o ensino de Física, Matemática e Astronomia. Antes de terem participado do Projeto de Intervenção, os participantes não sabiam que o conteúdo Gravitação Universal – Órbitas dos corpos celestes – estudado nas aulas de Física é o mesmo conteúdo da Elipse, estudado nas aulas de Matemática. Outra lacuna constatada foi o conhecimento de trigonometria das aulas e matemática, que não seria o mesmo das aulas de Física, já que, nestas aulas, se enfatiza muito ângulo e velocidade vetorial. Dessa forma, podemos inferir que tal dissonância, talvez, seja fruto do modelo de aula ministrada na Escola investigada. Na maioria dos casos, o processo de ensino e de aprendizagem é focado nas concepções dos próprios professores, deixando de ouvir o agente principal do processo de educação que é o discente.

Desde o primeiro contato com os alunos para propor o desenvolvimento da pesquisa e ao longo do desenvolvimento das atividades da oficina, percebi que eles foram receptivos à prática realizada. As atividades fizeram com que ficassem entusiasmados com o processo de aprender, por meio de uma forma autônoma, sem regras preestabelecidas, como é de costume, já que foram convidados a participar do projeto e não obrigados, conforme, geralmente, acontece.

Essa forma de abordagem dos conteúdos estudados nas disciplinas de Matemática e de Física faz com que os alunos direcionem o saber para o que acreditam ser pertinente à sua vida. A respeito disso, Snyders (1993) afirma que, ao dar autonomia ao aluno para que ele escolha o que aprender e como aprender, ele sente-se sujeito do processo de ensino e de aprendizagem.

O aluno direciona o saber com base nos conhecimentos prévios relativos ao assunto abordado. Vale ressaltar, também, que o desenvolvimento das práticas pedagógicas feito pelos próprios alunos, sob a orientação do professor, sempre conduz o aluno a descobrir que ele é capaz de construir e de reconstruir o conhecimento. Para Becker e Marques (2010), isso ocorre, porque o tempo de aprendizagem é, sobretudo, o tempo de gênese e não apenas tempo de estocagem.

Destacando a primeira categoria, dos dez questionários, nove apresentam respostas consideradas corretas pelo pesquisador, ou seja, houve aprendizagem do aluno, frente aos conteúdos de Matemática e de Física. De acordo com (BRASIL, 1998), esse resultado é fruto da valorização do conhecimento historicamente acumulado pelo aluno, bem como, do fato de o professor considerar-se como agente mediador entre o saber e o aluno, no processo de ensino e de aprendizagem.

Quanto à segunda categoria, de acordo com as respostas dadas pelos alunos ao questionário, a prática da construção do relógio de Sol contribuiu em 100% para a aprendizagem dos participantes. Esse índice, de acordo com Longhini e Gomide (2014), pode ser atribuído ao fato de o aluno saber que o Sol sempre surge de um lado do horizonte e desaparece no lado oposto, mas nunca percorre a mesma parábola. Como é um fenômeno rotineiro na sua vida, o aluno conseguiu assimilar com mais facilidade a funcionalidade do relógio de Sol.

Na terceira e última categoria, os alunos não apresentaram erro na questão que abordava os movimentos que o Planeta Terra faz. De acordo com Langhi e Nardi (2012), esse resultado pode estar relacionado ao fato de que os principais movimentos que o planeta Terra faz são estudados nas aulas de Geografia e os demais movimentos foram apresentados na prática desenvolvida pelo pesquisador. Nesse caso, os alunos conseguiram atingir melhor aproveitamento, pois, segundo Carvalho (2013), os alunos trazem consigo um conhecimento primário adquirido de suas experiências do cotidiano, para Demo (2007) ao qual dependendo da forma que o professor trabalhe os conteúdos das disciplinas escolares, os alunos conseguem fazer analogias com seus conhecimentos primários, tornando a aprendizagem mais proveitosa e com significados.



Por outro lado, nas questões que contemplavam conteúdos mais específicos de Astronomia, os alunos apresentaram um desempenho menor. Para Queiroz; Sanzovo; Trevisan (2014), essa dificuldade está relacionada, muitas vezes, com a má formação docente, ou até mesmo com os materiais utilizados nas aulas regulares na escola, se não houver uma verdadeira representação das dimensões espaciais e temporais dos ambientes astronômicos, e, principalmente, de seus movimentos relativos. Na maioria das vezes, quando são trazidos esses conteúdos, apresentam-se os conceitos de forma imprecisa ou equivocada.

Sendo assim, é possível concluir que um dos fatores que contribuiu para que os alunos ficassem perplexos diante das aulas dialogadas e da construção dos instrumentos astronômicos é que boa parte das aulas ministradas na escola são centradas apenas em conteúdos mecânicos que o professor acredita serem pertinentes ao aluno, mas não têm nenhum nexos com os conceitos da Astronomia. Quando as aulas não encorajam o aluno a construir e a reconstruir o conhecimento, ele é apenas um receptáculo de informações, sem nexos com o seu cotidiano. O aluno, dessa forma, não sabe qual é a relação daquelas informações com sua vida ou até mesmo com a profissão que vier a exercer no futuro.

A respeito disso, Pozo e Crespo (2009) dizem que há professores que pretendem que os educandos aprendam ciências como um conjunto de dados bem organizados e lineares. Ou seja, de forma completamente diferente da necessária à construção do conhecimento em Astronomia, uma vez que dessa ciência é que surgiram todas as outras. Além disso, a interação entre a Física e a Matemática é fundamental para que os alunos compreendam a importância do conhecimento científico, facilitando o aprendizado das referidas disciplinas por meio de práticas que englobem os seus conteúdos.

Outro ponto a ser considerado é que os alunos se empenham muito no decorrer das atividades. Essas atividades fizeram com que o aluno explorasse seu potencial de agente construtor do saber científico, isto é, o aluno também sabe fazer ciência; não somente o professor, como geralmente se entende. Ficou claro que a ciência que o aluno faz tem um patamar diferente daquela que o professor faz. O professor, para fazer ciência, precisa seguir todo rito científico; já para Moreira (2001), o aluno faz sua ciência com hipóteses a partir de observações do meio em que está inserido, à base de situações problemas que lhe são pertinentes.

Para Vieira (2009), a educação não está apenas na escola. O sentido correto da palavra Educação e das próprias Ciências da Educação deve remeter ao ensino e à aprendizagem, para além das disciplinas escolares. Temos que ter bem definido que a Ciência não é uma aglomeração de gnoses, mas, sim, a realidade em que estamos inseridos, considerando as diversas culturas de cada indivíduo. Corroborando com esse pensamento, Chrétien (1994) diz que a ciência não é um enclave de harmonia e de clareza, devotada ao culto apenas do espírito, em um mundo materialista e dividido. Pelo contrário, ela está presente em todas as redes, industriais, financeiras, ideológicas, políticas, estratégicas, entre outras, que estruturam ou desestruturam a sociedade global.

Podemos perceber que, segundo Langhi (2004), a educação não está apenas dentro da escola; o sentido correto da palavra Educação e das próprias ciências da educação devem remeter ao ensino e à aprendizagem para além das disciplinas escolares. Nesse sentido, devemos ter a clareza de que a ciência não é uma aglomeração de saberes, mas, sim, a realidade na qual estamos inseridos, que, ao interagirmos com o discurso das culturas e sua complexidade amplia a visão da realidade.

Em síntese, os objetivos propostos neste Projeto de Intervenção foram demandados, pois as análises das contribuições da prática desenvolvida no Ensino de Física e de Matemática mostram que a prática desenvolvida apresentou a Gravitação Universal e as Elipses de forma lúdica; os alunos conseguiram aprender a utilizar os instrumentos astronômicos. Essa prática facilitou a compreensão dos fenômenos celestes, principalmente, um dos mais abstratos que é a deformação do espaço-tempo, em relação a conteúdos que, na maioria das vezes, são considerados difíceis por parte dos alunos, por serem muito abstratos e não palpáveis. Mesmo com resultados que atestam um excelente aproveitamento para o ensino de Matemática e de Física, esses resultados não estão prontos e acabados; precisam ser investigados futuramente, sob outra ótica.

## REFERÊNCIAS

BAPTISTA, Makilim Nunes; CAMPOS, Dinael Corrêa. **Metodologias de pesquisa em ciências**: análises quantitativa e qualitativa. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

BARRIO, Juan Bernardino Marques. A investigação Educativa em Astronomia: os planetários com espaço de ensino e aprendizagem. In: LONGHINI, Marcos Daniel (org.). **Educação em astronomia**: experiências e contribuições para a prática pedagógica. Campinas: Átomo, 2010. p.159-178.

BICUDO, Maria Aparecida e GARNICA, Antonio Vicente Marafioti. **Filosofia da Educação Matemática**. 4ª ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2011.

BISCH, Sérgio Mascarello. **Astronomia no ensino fundamental: natureza e conteúdo do conhecimento de estudantes e professores**. 1998. 310 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação – USP, São Paulo, [s.n.], 1998.

BISCH, Sérgio Mascarello; BARROS, Marconi Frank; SILVA, Thiago Pereira. Ensino de Astronomia além da Sala de Aula: integração de atividades extraclasse ao ensino formal. IN: LONGHINI, Marcos Daniel (org.) **Ensino de astronomia na escola**: concepções, ideias e prática. Campinas: Átomo, 2014. p. 197-213.

BOYER, Carl Benjamin; MERZBACH, Uta Caecilia. **História da Matemática**. 3ª ed. São Paulo: Blucher, 2012.

BRAGA, Marco. **Breve história da ciência moderna, Vol. 3**: das luzes ao sonho do doutor Frankenstein, 2ª ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2011.

BRAICK, Patrícia Ramos; MOTA, Myriam Becho. **História: das cavernas ao terceiro milênio**. 2ª ed. São Paulo: Moderna, 2010.

BRASIL. Constituição (1934). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Rio de Janeiro, 1934.

\_\_\_\_\_. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, 1998.

\_\_\_\_\_. **Parâmetros curriculares nacionais:** ciências naturais. Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília: MEC/SEF, 1997. 136p.

\_\_\_\_\_. **Parâmetros curriculares nacionais:** matemática. Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília: MEC/SEF, 1997. 142p.

\_\_\_\_\_. **Parâmetros curriculares nacionais:** ciências naturais. Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília: MEC/SEF, 1998. 138 p.

\_\_\_\_\_. **Parâmetros curriculares nacionais:** matemática. Secretaria de Educação Básica. – Brasília: MEC/SEB, 2000. 109 p.

\_\_\_\_\_. **Orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais (PCN+) ensino médio:** ciências da natureza, matemática e suas Tecnologias. – Brasília: MEC/SEB, 2002.

\_\_\_\_\_. **Orientações curriculares para o Ensino Médio Vol. 2:** Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Secretaria de Educação Básica. – Brasília: MEC/SEB, 2006. 135 p.

\_\_\_\_\_. Senado Federal. **Projeto de lei Complementar PLC 504/2011.** Altera o parágrafo único do art. 25 da Lei nº. 9.394, de 20 de dezembro de 1996, Lei de Diretrizes. Disponível em <http://www.senado.gov.br/atividade/materia/getPDFzzz.asp?t=94976&tp=1> Acessado em: 08 jun. 2014.

BRETONES, Paulo Sergio (org.). **Jogos para o ensino de astronomia.** Campinas: Átomo, 2013.

\_\_\_\_\_. Atividades Didáticas de Astronomia em Escolas Municipais: Palestras, relógios de Sol e Sistema Sola em escala. In. LONGHINE, Marcos Daniel (org.). **Ensino de Astronomia na Escola:** concepções, ideias e práticas. Campinas, Átmo, 2014.p. 401-423.

CAMINO, Néstor; TERMINIELLO, Cristina. Escolas a Céu Aberto: experiências possíveis de Didática da Astronomia em Escolas Públicas. In. LONGHINE, Marcos Daniel (org.). **Ensino de Astronomia na Escola:** concepções, ideias e práticas. Campinas, Átmo, 2014. p. 423-441.

CANIATO, Rodolpho. **O céu.** Campinas: Átomo, 2011.

\_\_\_\_\_. **(Re)descobrimos a astronomia.** 2. ed. Campinas: Átomo, 2013.

CARVALHO, Anna Maria pessoa de (Org.). **Ensino de ciências por investigação:** condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CHRÉTIEN, Claude. **A ciência em ação.** Campinas: Papirus, 1994.

CONTI, Keli Cristina; SOARES, Décio Lauro. Primeiras Experiências em Aulas Investigativas. In: FIORENTINI, Dario; CRISTOVÃO, Eliane Matesco. **História e investigação de/em aulas de matemática.** 2. ed. Campinas: Alínea, 2010. p. 137-152.

COUPER, Heather, HENBEST, Nigel. **A história da astronomia.** São Paulo: Larousse, 2009.

CYRINO, Hédio Fernando Ferreira. **Matemática & gregos**. Campinas: Átomo, 2006.

DAMINELI, Augusto; STEINER, João (Orgs.). **O fascículo do universo**. São Paulo: Odysseus, 2010.

DAVIS, C.; GROSBaum, M. W. Sucesso de todos, compromisso da escola. In: VIEIRA, S. Lerche (Org.). **Gestão da escola: desafios a enfrentar**. Rio de Janeiro: DP&A, 2002. p 77-112.

DEMO, Pedro. **Educar pela pesquisa**. 8 ed. Campinas: Autores Associados, 2007.

\_\_\_\_\_. **Metodologia do conhecimento científico**. São Paulo: Atlas, 2015.

DESCARTES, René. **Discurso do método**. Porto alegre: L&PM, 2011.

DEUS, Mariana Ferreira de; LONGHINI, Marcos Daniel. Conhecimento e Fantasias a Respeito do Sol: uma proposta de ensino com base em contações de histórias problematizadoras. In: LONGHINI, Marcos Daniel (org.) **Ensino de astronomia na escola: concepções, ideias e prática**. Campinas: Átomo, 2014. p. 297-320.

DEWEY, John. **Como pensamos** – como se relaciona o pensamento reflexivo com o processo educativo: uma reexposição. 3. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1959.

FARIA, Romildo Póvoa (org.). **Fundamentos de Astronomia**. Campinas: Papyrus, 1982.

FROMM, Erich. **Análise do Homem**. Rio de Janeiro: Zahar, 1963.

\_\_\_\_\_. **Anatomia da Destrutividade Humana**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1987.

GADAMER, Hans Georg. **Verdade e método I**. 11. ed. Petrópolis: Vozes, 2011.

GARBI, Gilberto Gerado. **A Rainha das Ciências: um passeio histórico pelo maravilhoso mundo da matemática**. 5. ed. ver. e ampl. São Paulo: livraria da Física, 2010.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a física: ensino médio 1**. São Paulo: Ática, 2010.

GATTI, Sandra Regina Teodoro; NARDI, Roberto. Algumas Considerações sobre a Evolução dos Modelos de Mundo e o Conceito de Atração Gravitacional. In: LONGHINI, Marcos Daniel (org.). **Educação em astronomia: experiências e contribuições para a prática pedagógica**. Campinas: Átomo, 2010.p.179-208.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo; Atlas, 2010.

GONSALVES, Elisa Pereira. **Conversas Sobre Iniciação à Pesquisa Científica**. 5. ed. rev e ampl. Campinas: Alínea, 2011.

GRIBBIN, John R. **No início: Antes depois do Big-Bang**. Rio de Janeiro: Campus, 1995.

GRIFFITHS, David J. **Eletrodinâmica**. 3. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2011.

HAWKING, Stephen. **O universo numa casca de noz**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2009.

HAWKING, Stephen; MLODINOW, Leonardo. **Uma nova história do tempo**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2005.

HEWITT, Paul G.. **Física conceitual** 12ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

HORVATH, Jorge Ernesto. **ABCD da astronomia e astrofísica**. São Paulo: Livraria da Física, 2008.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: [www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=261110&search=pernambuco|petrolina](http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=261110&search=pernambuco|petrolina). Acessado em 28 ago. 2015.

ITOKAZU, Anastasia Guidi. **1609: da astronomia tradicional ao nascimento da astrofísica**. Revista *Ciência e Cultura*, vol.61, São Paulo, n.4, p. 42-45, 2009. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v61n4/14.pdf> Acesso em 20 jun. 2014.

JALLES, Cíntia, IMAZIO, Maura. **Olhando o céu da pré-história registros arqueoastronômicos no Brasil**. Rio de Janeiro: Mast, 2004.

JESUS, Wilson Pereira de. A filosofia da educação matemática de Paul Ernest e suas relações com as filosofias da matemática de Imre Lakatos e de Ludwig Wittgenstein. In: MIORIM, Maria Ângela; VILELA, Denise Silva, (Orgs.). **História, Filosofia e Educação Matemática: práticas de pesquisa**. Campinas: Alínea, 2010. p. 159-197.

KNOLL, Michael. The project method: its vocational education origin and international development. *Journal of Industrial Teacher Education*, Normal, Il., v. 34, n. 3, p. 59-80, 1997.

KOYRÉ, Alexandre. **Do mundo fechado ao universo infinito**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2010.

LANGHI, Rodolfo. **Um estudo exploratório para a inserção da astronomia na formação de professores dos anos iniciais do ensino fundamental**. 2004. 240 f. Dissertação (Mestrado Educação para a Ciência) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, [s.n.], 2004.

LANGHI, Rodolfo; NARDI, Roberto. **Educação em astronomia: repensando a formação de professores**. São Paulo: Escrituras, 2012.

LONGHINI, Marcos Daniel (org.). **Educação em astronomia: experiências e contribuições para a prática pedagógica**. Campinas: Átomo, 2010.

\_\_\_\_\_. **Ensino de astronomia na escola: concepções, ideias e práticas**. Campinas: Átomo, 2014.

LONGHINI, M. Daniel; GOMIDE, Hanny Angeles. O Céu dos Alunos: os conhecimentos de Astronomia de estudantes do Ensino Médio com base em um referencial topocêntrico. In: LONGHINI, Marcos Daniel (org.) **Ensino de astronomia na escola: concepções, ideias e prática**. Campinas: Átomo, 2014. p 321-338.

LONGHINI, Marcos Daniel; MORA, Iara Maria. Uma investigação sobre o Conhecimento de Astronomia de professores em Serviço e em Formação. In: LONGHINI, Marcos Daniel (org.). **Educação em astronomia: experiências e contribuições para a prática pedagógica**. Campinas: Átomo, 2010. p. 87-115.

LÜDDKE, Menga. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 2. ed. [Reimpr.]. Rio de Janeiro: EPU, 2014.

MANIFESTO dos Pioneiros da Educação Nova. **A Reconstrução Educacional do Brasil: ao Povo e ao Governo**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1932.

MARQUES, Tania Beatriz Iwaszko; BECKER, Fernando (Orgs.). **Ser professor é ser pesquisador**. 2. ed. Porto Alegre: Mediação, 2010.

MENDES, Iran Abreu. **Matemática e investigação em sala de aula: tecendo redes cognitivas na aprendizagem**, 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2009.

MIORIM, Maria Ângela; VILELA, Denise Silva (Orgs.). **História, filosofia e educação matemática práticas de pesquisa**. 2. ed. Campinas: Átomo, 2010.

MLODINOW, Leonard, **De primatas a astronautas: a jornada do homem em busca do conhecimento**. Rio de Janeiro: Zahar, 2015.

MOL, Rogério Santos. **Introdução à história da matemática**, Belo Horizonte: CAED-UFMG, 2013.

MORAES, Roque. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. *Revista Ciência & Educação*, v. 9, Porto Alegre, n. 2, p. 191-211, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v9n2/04.pdf>> Acesso em: 04 jul. 2016.

MORAN, José Manuel. **A educação que desejamos: Novos desafios e como chegar lá**. 5. ed. Campinas: Papirus, 2012.

MOREIRA, Marco Antônio. **Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v.22, n.1, 2000. p. 94-99

MORIN, Edgar. **A cabeça benfeita: repensar a reforma, reformar o pensamento**, 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

MORIN, Edgar; MOTTA, Raúl; CIURANA, Êmilo-Roger. **Educar para a era planetária: o pensamento complexo como método de aprendizagem no erro e na incerteza humanos**. Lisboa, Instituto Piaget, 2003.

MOSTAFA, Solange P. **Vygotsky e Deleuze: um diálogo possível?** Campinas: Alínea, 2008.

MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. **Copérnico – Pioneiro da Revolução astronômica**. São Paulo: Odisseus, 2003.

NOGUEIRA, Salvador; CANALLE, João B. Garcia. **Astronomia: Ensinos Fundamental e Médio -Volume II, Fronteira Espacial, parte 1**. Brasília: MEC-SEB, MCT e AEB, 2009.

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza, SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira. **Astronomia e Astrofísica**. 3. ed. rev. em cores. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

OLIVEIRA, Carla Marques Alvarenga de. O que se fala e se escreve nas aulas de Ciências? In: CARVALHO, Anna M. Pessoa de (Org.). **Ensino de ciências por investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.p 63-75.

PARATELI, Conceição Aparecida. [et al]. A escrita no processo de aprender matemática. In: FIORENTINI, Dario; CRISTOVÃO, Eliane Matesco. **Histórias e investigações de/em aulas de Matemática**. Campinas: Alínea, 2006.p. 39-53.

PATY, Michel. **A física do século XX**. Aparecida: Ideias & Letras, 2009.

PIRES, Antonio Sérgio Teixeira. **Evolução das ideias da física**. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

PINTO JUNIOR, Osmar; PINTO, Iara de Almeida. **Relâmpagos** 2ª ed. Brasília: Ed. Brasiliense, 2008.

PONCZEK, Roberto Leon. Da Bíblia a Newton: uma visão humanística da Mecânica. In: ROCHA, José F.M. (Org.). **Origens e evolução das ideias a física**. Salvador: EDUFBA, 2002. p. 21-135.

POWELL, Arthur B. Captando. **Examinando e Reagindo ao Pensamento Matemático**. Boletim GEPEM/ nº 39, Setembro de 2001, p.73-83.

POZO, Juan Ignacio, CRESPO, Miguel Ángel Gómez. **A aprendizagem e o ensino de ciências**: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

PRENSKY, Mac. **“Não me atrapalhe, mãe – eu estou aprendendo!”**: como os videogames estão preparando nossos filhos para o sucesso no século XXI – e como você pode ajudar! São Paulo: Photo, 2010.

QUEIROZ, Vanessa; SANZOVO, Trevisan Daniel; TREVISAN, Rute Helena. Estratégias Alternativas para o Ensino de Astronomia. IN: LONGHINI, Marcos Daniel (org.) **Ensino de astronomia na escola**: concepções, ideias e prática. Campinas: Átomo, 2014. p. 105-124.

QUIXADÁ, Cleide Viana. A escola foi feita pra quem? In VIEIRA, Sofia Lerche, MATOS, Kelma (Orgs.). **Educação: olhares e saberes**. Fortaleza: Demócrito Rocha, 2000. p.49-52.

RIOS, Terezinha Azerêdo. **Compreender e ensinar**: por uma docência da melhor qualidade São Paulo: Cortez, 2001.

RONAN, Colin A., **História ilustrada da ciência da Universidade de Cambridge, Vol. 1**: das origens à Grécia. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001.

\_\_\_\_\_. **História ilustrada da ciência da Universidade de Cambridge, Vol. 2**: Oriente Roma e Idade Média. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001.



\_\_\_\_\_. **História ilustrada da ciência da Universidade de Cambridge, Vol. 3:** da renascença à revolução científica. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001.

\_\_\_\_\_. **História ilustrada da ciência da Universidade de Cambridge, Vol. 4:** A ciência nos séculos XIX e XX. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001.

ROONEY, Anne. **A História da Física.** São Paulo: M. Books do Brasil, 2013.

ROQUE, Tatiana. **História da matemática:** uma visão crítica, desfazendo mitos e lendas. Rio de Janeiro: Zahar, 2012.

ROSA, Carlos Augusto de Proença. **História da ciência:** da antiguidade ao renascimento científico, 2. ed. Brasília: FUNAG, 2012.

ROSMORDUC, Jean. **De Tales a Einstein:** história da Física e da química. Lisboa: Caminho, 1983.

RUIZ, João Álvaro. **Metodologia científica:** guia para eficiência nos estudos, 6. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

SAVIANI, Dermeval. **Da nova LDB ao FUNDEB:** por uma outra política educacional, 3. ed. Campinas: Autores Associados, 2008.

\_\_\_\_\_. **Educação brasileira:** estrutura e sistema, 8. ed. Campinas: Autores Associados, 2000.

\_\_\_\_\_. **Educação:** do censo comum à consciência filosófica. 12. ed. Campinas: Autores Associados, 1996.

\_\_\_\_\_. **Saber escolar, currículo e didática:** problema da unidade conteúdo/método no processo pedagógico. 2. ed. Capinas: Autores Associados, 1998.

SILVA, Clóvis Pereira da. **A matemática no Brasil:** história de seu desenvolvimento. 3. ed. rev. São Paulo: Blucher, 2003.

SLATER, Timothy F. Do Ensino de Astronomia Centrado no Professor para Uma Aprendizagem Centrada no Estudante: uma revisão. In: LONGHINI, Marcos Daniel (org.) **Ensino de astronomia na escola:** concepções, ideias e prática. Campinas: Átomo, 2014. p. 51-68.

SNYDERS, George. **A alegria na escola.** São Paulo: Manole, 1988.

\_\_\_\_\_. **Alunos felizes:** reflexão sobre a alegria na escola a partir de textos literários. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1993.

SOUZA, Cícero monteiro de. **O Newton do Brasil:** a biografia do cientista brasileiro Joaquim Gomes de Souza. Recife: Editora da UFRPE, 2008.

STEINBRUCH, Alfredo; WINTERLE, Paulo. **Geometria analítica.** 2ª ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 1987.

TARDIF, Maurice; LESSARD, Claude. **O trabalho docente:** elementos par uma teoria da docência como profissão de interações humanas. 7. ed. Petrópolis: Vozes, 2012.

TORRES, Carlos Magno A. [et al]. **Física ciência e tecnologia Vol. 1.** 3. ed. São Paulo: Moderna, 2013.

TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo Silva. **Introdução à pesquisa em ciências sociais:** a pesquisa qualitativa em educação, 1ª ed. [22. reimpr.] São Paulo: Atlas, 2013.

VIEIRA, Ricardo. Educação, histórias de vida e identidades na contemporaneidade, In: SCHUCK, Rogério (Org.). **Diálogos na contemporaneidade:** Vertigens do Tempo. Lajeado, Ed. da Univates, 2009. p. 41-74.

VIEIRA, Sofia Lerche, Davis, Cláudio [et al] MATOS, Kelma (Orgs.). **Gestão da escola: desafios a enfrentar.** Rio de Janeiro: DP&A, 2002.

WAGNER, Eduardo. Teorema de Pitágoras e Área. Rio de Janeiro: IMPA, 2015

WETHEIN, Jorge; CUNHA, Célio da. **Fundamentos da nova educação. Brasília:** UNESCO, 2000. 84p. – (Cadernos UNESCO. Série educação; 5).

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A

### **Questionário – Que foi respondido pelos alunos no último encontro para a Dissertação de Mestrado**

**Questão 01** Qual a contribuição do trabalho realizado pelo professor para seu conhecimento sobre Astronomia, utilizando as Leis de Kepler e a Elipse?

---

---

**Questão 02** Qual foi o seu aprendizado, com a construção do Relógio de Sol, na compreensão dos movimentos do Planeta Terra?

---

---

**Questão 03** Qual foi o seu aprendizado, com a construção e utilização do Astrolábio, para a sua compreensão da Astronomia.

---

---

**Questão 04** Houve aprendizado com a prática realizada da Deformação do Espaço-tempo em relação à Lei de Einstein para a Mecânica do Universo?

---

---

**Questão 05** Quais os modelos astronômicos que dividiram opiniões entre os astrônomos? Qual a relação deles com o círculo e a elipse?

---

---

**Questão 06** O trabalho do professor contribuiu com seu aprendizado nas disciplinas de Matemática e Física? Justifique sua resposta:

---

---

**Questão 07** Qual fenômeno é responsável pelas quatro estações do ano?

---

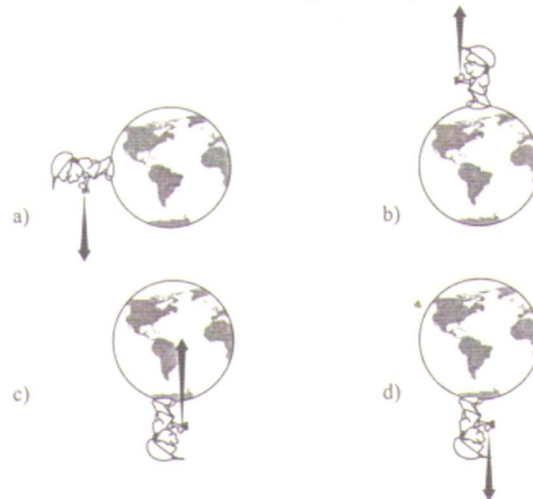
---

**Questão 08** Quais são os movimentos que o planeta Terra faz?

---

---

**Questão 09** O desenho mostra algumas pessoas (fora de escala), em diferentes lugares da Terra. Elas seguram objetos em suas mãos. Assinale e justifique a alternativa que representa a trajetória correta do objeto ao ser solto da mão da pessoa (o desenho não está em escala).



---

---

**Questão 10** À noite, ao ver um corpo celeste luminoso no céu, como podemos identificar se aquele corpo é um planeta ou uma estrela?

---

---

## APÊNDICE B

### Astrolábio utilizada no Projeto de Intervenção

